



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Química e Ingeniería Química

Escuela Profesional de Ingeniería Química

**Efecto del mejoramiento del proceso de producción de
un impermeabilizante para la industria textil y
papelera, en el plan de expansión de una planta
industrial**

TRABAJO MONOGRÁFICO

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico

AUTOR

Carlos Enrique VILELA GARCIA

ASESOR

Aníbal F. FIGUEROA TAUQUINO

Lima, Perú

2018



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Vilela, C. (2018). *Efecto del mejoramiento del proceso de producción de un impermeabilizante para la industria textil y papelera, en el plan de expansión de una planta industrial*. [Trabajo monográfico de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Química e Ingeniería Química, Escuela Profesional de Ingeniería Química]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

(Universidad del Perú, Decana de América)

Facultad de Química e Ingeniería Química

Central: 619 7000 anexos 1208 Telefax: 1209, 1218
Ciudad Universitaria – Calle Germán Amezaga 375 – Lima 1

"Año del Dialogo y la Reconciliación Nacional"
"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA


ACTA DE TÍTULO POR TRABAJO MONOGRÁFICO

Los suscritos Miembros del Jurado, nombrado por la Sra. Directora de la Escuela Profesional de Ingeniería Química, bajo la Presidencia del **Mg. MANUEL BEJAR RAMOS**, el **Mg. JORGE LOAYZA PÉREZ** (Miembro), y el **Ing. ANÍBAL FIGUEROA TAUQUINO** (Asesor), después de escuchar la sustentación del **TRABAJO MONOGRÁFICO**, titulado: **"EFECTO DEL MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UN IMPERMEABILIZANTE PARA LA INDUSTRIA TEXTIL Y PAPELERA, EN EL PLAN DE EXPANSIÓN DE UNA PLANTA INDUSTRIAL"**, rendido por el Bachiller en Ingeniería Química **CARLOS ENRIQUE VILELA GARCIA**; para optar el **TÍTULO PROFESIONAL** de **INGENIERO QUÍMICO**, acordaron calificar con la **NOTA** de:

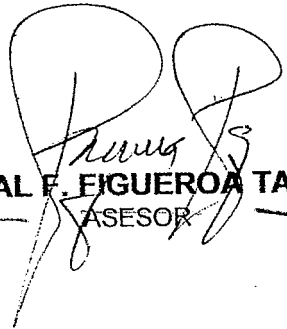
..... Dieciséis
(LETRAS)

16
(NÚMEROS)

Ciudad Universitaria, 31 de Octubre de 2018.


Mg. MANUEL E. BEJAR RAMOS
PRESIDENTE


Mg. JORGE E. LOAYZA PÉREZ
MIEMBRO


Ing. ANÍBAL F. FIGUEROA TAUQUINO
ASESOR


Mg. JUANA SANDIVAR ROSAS
Directora de la Escuela Profesional

DEDICATORIAS

A mi madre, Sra. Isabel Garcia de Vilela, QEPD,

A mi padre, Sr Juan Evangelista Vilela Lamas,

A mis hermanas, Leonor Isabel y Ofelia Ines,

Por el apoyo continuo a través de la distancia, el tiempo y muchas fronteras.

A mis hijos Jonathan Carlos y Anthony Ryan,

*Por seguir embanderándose con enseñanzas provenientes de nuestros predecesores,
para orgullo continuo de nuestra familia en Norte y Sur América.*

AGRADECIMIENTOS

Al Sr Ingeniero Químico Diego Montoya,

Al Sr Químico William C. “Bill” Floyd, y

Al Sr Químico Bernard F. “Bernie” North,

Por la paciencia, el aporte técnico y el alto respeto mutuo,

mientras yo desarrollaba mis propuestas de cambio,

para el bien de nuestra empresa:

SEQUA CHEMICALS, Chester, South Carolina - USA, (1989 – 1994).

*I was born not knowing,
and have only had little time to change that here and there.* ^(8.9)

*Nací sin conocimientos,
y solo he tenido poquísimos tiempo de cambiar eso, aquí y allá.*

- Richard Feynman

INDICE

RESUMEN	vi
SUMMARY	vii
1. INTRODUCCION	1
2. ANTECEDENTES	2
3. JUSTIFICACION	3
4. DESCRIPCION DEL PROCESO Y DIAGRAMA DE FLUJO	4
4.1 Materias Primas	4
4.2 Reacciones Químicas	7
4.3 Diagrama de Flujo y Condiciones Operativas Antes de la Actividad Profesional	9
5. MEJORAS INTRODUCIDAS Y RESULTADOS OBTENIDOS	12
5.1 Reducción del Agua Inicial y Eliminación del Precalentamiento de Agua	12
5.2 Uso Eficiente de la capacidad del reactor	13
5.3 Implementación de Bolsas Gigantes (supersacks) de urea	13
5.4 Aprovechamiento del calor de reacción entre urea-propanal	13
5.5 Implementación de Medidores de Flujo Másico para Adición de Materias Primas	14
5.6 Entrenamiento del Personal	14
5.7 Uso del sistema Evolución de Proceso Operativo (EVOP-Evolutionary Operating Process)	14
5.8 La siguiente tabla muestra las condiciones operativas después de las Mejoras	15
6. CONCLUSIONES	17
7. RECOMENDACIONES	21
8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	24
9. ANEXOS	25
9.1 Diapositivas con Información Técnica para Justificar Cambios Propuestos	25
9.2 Fotos de equipo instalado para mejoras al reactor	28
9.3 Formato evaluación de cambios (Proceso MOC-Management of Change)	30
9.4 Formato evaluación de cambios y Procedimiento para el Proceso MOC (Management of Change)	33

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Flujo y /Reactor Antes de la Actividad Profesional	10
Figura 2 Diagrama de Flujo / Reactor Después de la Actividad Profesional	16
Figura 3. Recomendación – Instalar 4 bombas	23

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Condiciones Iniciales – Antes del Mejoramiento del Proceso	11
Tabla 2: Condiciones Finales - Después del Mejoramiento del Proceso	15
Tabla 3: Comparación de las condiciones operativas antes y después de las mejoras implementadas:	19
Tabla 4: Condiciones Propuestas - Para Futuras Expansiones	22

RESUMEN

La finalidad de esta monografía es mostrar el cambio en la visión inicial de la solución de un problema técnico, vista al principio casi como paradigma pero que por mi actividad profesional, resultó en una mejor opción y con ahorros de capital. La actividad profesional fue en la empresa SEQUA CHEMICALS, en el pueblo Chester del estado de South Carolina en USA.

Al poco tiempo de haber llegado a la empresa, el supervisor me asignó un proyecto para instalar una copia idéntica de un reactor existente y sus componentes, debido a que la planta no tenía la capacidad de producir al alto requerimiento del mercado. El reactor producía solamente lotes de un surfactante conocido en la industria papelera y textil como impermeabilizante ^(8.5, 8.7), por su propiedad de eliminar la disolución del acabado en la fibra, durante los procesos de impresión.

Luego que el Supervisor accediera a la petición de analizar y aprender el proceso, antes de proceder a duplicar el reactor y sus componentes, se pudo descubrir maneras de modificar el proceso y la infraestructura existente, obteniendo beneficios que duplicaron la capacidad existente. Otros cambios fueron reservados para futuros proyectos de expansión, en el caso que hubiese que triplicar la producción, con el uso del reactor inicial.

Los beneficios fueron muchos, desde eliminar un gasto innecesario de capital, uso eficiente de sistemas existentes, automatización de sistemas manuales, postergar aumentos en costos fijos y de personal y hasta una mejor calidad del producto final.

Cambios de procedimientos y de control fueron evaluados con el método EVOP – (**EV**olutionary **OP**eration) y las implementaciones finales se gestionaron bajo el sistema MOC (Management of Change), los cuales son piezas fundamentales para todo cambio propuesto en la industria estadounidense.

SUMMARY

The purpose of this monograph is to show the change of the initial vision of the desired resolution to a problem. By means of my professional input, a different and improved option was obtained with huge savings of capital and manpower. This experience was gained at SEQUA CHEMICALS in the town of Chester, SC.

Soon after arriving to the plant in Chester, SC the supervisor assigned me to a project to replicate an existing reactor and all its components. Market conditions required additional plant capacity. The batch type reactor produced a single surfactant, commercially known as insolubilizer ^(8.5, 8.7), used in the textile and paper industries. The insolubilizer would impart properties to the substrate, to eliminate numerous problems during the dying of textile fibers and the finishing and printing of papers.

After the supervisor agreed to let me analyze and learn the process, prior to duplicating the reactor and its components, new ways were uncovered that could yield the needed production by using the existing infrastructure. This allowed the author to implement changes that doubled existing plant capacity with very little capital investment.

In case there was a future need, other changes were proposed by the author and reserved by SEQUA CHEMICALS for future expansion projects.

There were many benefits like eliminating capital costs, using existing systems, automating older manual systems, postponing high fixed costs due to personnel additions and a much better quality of the finished product.

Procedures and control changes were evaluated by EVOP (Evolutionary Operation method) and all changes were documented and reviewed under the Management of Change procedure, which is a milestone for process changes within the industry in the United States.

1. INTRODUCCION

Durante mediados de los años 80 y casi todos años 90, en los Estados Unidos y el mundo entero se hicieron muchos esfuerzos técnicos para reducir el alto contenido de formaldehído libre en productos terminados. Cualquier exceso sobre 1% de formaldehido en artículos textiles y de papel era considerado peligroso, no solo por su desagradable e irritante olor, pero también por ser calificado como alergénico, y cancerígeno, por crear efectos adversos en la salud de trabajadores expuestos, durante la producción de los mismos y luego también, al ser estos productos, distribuidos en el mercado.

En las industrias textil y papelería, se usan muchos aditivos para mejorar o impartir ciertas propiedades deseadas en los productos finales. Un aditivo comercial se conoce como 'impermeabilizante' y es una resina de urea-formaldehido. Esta resina forma una protección sobre el sustrato (textil o papel) y evita que el agua en tintes, pinturas y colorantes se desborde y malogre el acabado final en el sustrato. De esta manera, los productos comercializables pueden ya tener un buen acabado durante su teñido e impresión, respectivamente.

Otras propiedades como resistencia a las arrugas en prendas y doblados en hojas de papel, deben ser evitadas, y los impermeabilizantes contribuyen también en este aspecto.

La patente de los químicos William Floyd y Bernard North ^(8.5) es importante porque proporciona la manera de reducir, e inclusive eliminar, el contenido de formaldehido libre en las resinas de urea-formaldehido, lo cual conllevó a la producción de textiles y papel con bajísimo contenido de formaldehido.

La demanda mundial de aditivos con bajo contenido en formaldehido se hizo muy necesaria por lo manifestado arriba, por tanto, SEQUA CHEMICALS, siendo promotora de la invención, debía satisfacer a sus clientes a nivel mundial.

La demanda por impermeabilizantes con bajo contenido en formaldehido creció rápidamente.

2. ANTECEDENTES

La formación de esta empresa data desde 1929, cuando fue constituida como General Printing Ink Corp., por la unión de otras cinco compañías. En 1945 el nombre se cambió a Sun Chemical Corp., con la adición de varias compañías más. Su crecimiento mundial se extendió en las décadas siguientes y en los 60s Sun Chemical era el líder mundial distribuidor de resinas y productor de tintas.

En 1982, Sun Chemical compra Chromalloy American Corp., e incursiona en la industria aeroespacial. En 1986 compra Atlantic Research Corporation y cambia su nombre a SEQUA Corporation.

A la fecha cuenta con 10,200 empleados y ha demostrado ventas anuales de 1.4 billones de dólares con sus empresas aeroespaciales, maquinarias y químicos especializados.

En la actualidad SEQUA CHEMICALS Incorporated sigue operando en Chester, SC con capital privado. Uno de los muchos productos de SEQUA es un tipo de impermeabilizante, que se usa en la industria textil y papelera. Los impermeabilizantes son resinas de urea-formaldehído que tienen la propiedad de impartir una propiedad sobre las fibras textiles y de papel, que permite el fácil teñido de prendas textiles e impresión sobre los productos del papel.

Otras propiedades como resistencia a las arrugas en prendas y doblados en hojas de papel, deben ser evitadas, y los impermeabilizantes contribuyen también en este aspecto.

3. JUSTIFICACION

El primer proyecto que SEQUA CHEMICALS me asignó consistía en replicar un reactor (ver Figura 1), el cual producía un impermeabilizante destinado a la industria textil y papelera. La demanda requerida por el mercado, para este producto, con muy bajo contenido en formaldehído residual, había sobrepasado la capacidad de producción del reactor. El impermeabilizante se producía en lotes, con una capacidad promedio de 1,296 Kg/h.

Antes de replicar el reactor, el proceso fue evaluado detalladamente, al igual que la formulación y cada paso ya establecido en procedimientos estándar de planta. Existían, desde un punto de vista técnico, varias áreas que podían ser mejoradas.

Las temperaturas de operación, control del calentamiento y enfriamiento del reactor, adición de materias primas, evaporación de agua residual y hasta mejoras en tiempos de adición de las materias primas, resaltaban para ser mejoradas.

Tuve la suerte y oportunidad de trabajar al lado de dos químicos, autores de la patente para este impermeabilizante y se pudo demostrar la validez de mis sugerencias y se aprobaron los cambios propuestos, sin una larga etapa de pruebas en el Laboratorio. Básicamente, los principios termodinámicos eran indiscutibles y se pudo eliminar la inversión de aproximadamente \$3,000,000 dólares para el proyecto inicial, que consistía en replicar el reactor.

El resultado de la actividad profesional descrita en este trabajo monográfico, casi duplicaba la capacidad inicial del reactor hasta 2,685 Kg/h y se dejó un plan, para casi triplicar la capacidad del reactor si fuese necesario por el exigente y variante mercado (un potencial de hasta 3,450 Kg/h).

La inversión requerida para las propuestas descritas en esta monografía, fue de aproximadamente \$100,000 dólares, lo que permitió a SEQUA CHEMICALS, poder mejorar su posición financiera y controlar mejor sus costos operativos. El capital no usado por este proyecto podría ser utilizado en otros proyectos, en el programa de inversiones de la empresa.

4. DESCRIPCION DEL PROCESO Y DIAGRAMA DE FLUJO

A continuación, se presenta una breve descripción técnica de las materias primas utilizadas en el proceso, con un énfasis en el impacto hacia la producción del impermeabilizante de este trabajo monográfico.

4.1 Materias Primas

UREA:

Es un compuesto químico sólido, incoloro, conocido como “carbamida” en el sistema IUQPA y de acuerdo al rINN (Recommended International Non-proprietary Name), establecido por la Organización Mundial de la Salud ^(8.11).

Su fórmula es $(\text{NH})_2\text{CO}$, de peso molecular 60.06 y CAS No. 57-13-6.

Es altamente soluble en agua, esencialmente es un desecho del cuerpo humano al metabolizar proteínas. También es producido naturalmente por otros mamíferos, peces y anfibios.

La química francesa Hillarie Rouelle descubrió la urea en 1773 y 55 años más tarde se convirtió en el primer compuesto orgánico formulado sintéticamente, y fue el químico alemán Friedrich Wohler quien, en 1828, al intentar preparar cianato de amonio, produjo la urea cuando reaccionaba cloruro de amonio con isocianato de plata y es considerada la primera síntesis de un compuesto orgánico a partir de sustancias inorgánicas. ^(8.13)

El proceso de deshidratar carbamato de amonio bajo condiciones de alta temperatura y presión fue implementado en 1870 y continúa siendo hoy en día la manera preferida de producir urea, comercialmente. Los usos de urea comercial a nivel mundial son muchos y aproximadamente:

- 62 plantas en operación en Europa Occidental en el año 2000 tuvieron una capacidad total de 6 millones de toneladas ^(8.12).
- En los Estados Unidos se produjeron 3 millones de toneladas en 2003, con su principal destino, para fertilizantes.

Por su contenido de nitrógeno, la urea es muy soluble en agua lo cual la hace una óptima candidata para el uso agroindustrial. Otros usos de urea son: agricultura, industria química, industria automotriz, laboratorios, medicina, en transporte (aviones y carreteras para eliminar el hielo). Usos principales en la industria química son: la producción de componentes para mejorar la solubilidad y

retención de humedad en baños colorantes e impresión de textiles, producción de melamina y de resinas urea-formaldehído.

GLYOXAL:

Es un compuesto químico, líquido, de color amarillo y que se evapora produciendo un gas de color verde. Conocido por la IUPAC como “etanodial”, aunque se prefiere también “oxaldehído”, con fórmula $(\text{COH})_2$ y CAS No. 107-22-2 ^(8.2). Es la molécula más pequeña de di-aldehídos. Industrialmente, se produce como un precursor para muchos otros productos.

El químico alemán Heinrich Debus lo preparó por primera vez al reaccionar etanol con ácido nítrico. Comercialmente se prepara por oxidación en fase gaseosa del etileno-glycol en presencia de un catalizador de cobre o plata (Proceso Laporte) o por oxidación en fase líquida del acetaldehído con ácido nítrico.

Producción mundial es aproximadamente 220,000 toneladas y la mayoría es vía la ruta de oxidación en fase gaseosa. La primera producción comercial de glyoxal fue en Lamotte, Francia en 1960. En la actualidad, BASF posee la planta de mayor capacidad en el mundo, con 60,000 toneladas por año, con otras plantas importantes en los Estados Unidos y en China. Glyoxal se produce comercialmente con un contenido de 40% en agua.

Glyoxal se usa primordialmente como un promotor de enlaces cruzados (cross-linker) para formulaciones en productos para las industrias textil y papelera. También reacciona por condensación con urea y formaldehído para producir un bis (hidroximetil) usado para tratamiento de textiles para resistir arrugas, también se usa para solubilizar y como cross-linker en química polimérica.

Glyoxal se usa también en las síntesis orgánicas de imidazolas, dihidratos de glyoxal (dímeros y trímeros). En laboratorios se usa en soluciones para fijar tejidos, para preservar células al ser examinadas bajo el microscopio.

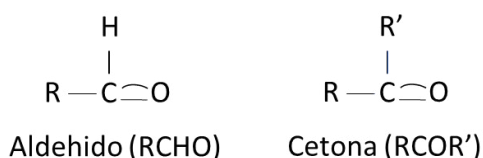
PROPANAL:

Es un compuesto químico incoloro, líquido y con un olor a frutas irritante. Con formula química C_3H_6O , de peso molecular 58.08 y CAS No. 123-38-6 también es conocido como aldehído propiónico, como propionaldehído o como propaldehído. Estructuralmente es un isómero de la acetona, pero tiene un grupo propilo y un grupo carbonilo.

Propanal se produce industrialmente por oxo síntesis, combinando etileno con gas de síntesis (syngas), que es una combinación de monóxido de carbono e hidrogeno, y usando como catalizador rodio metálico. Se usa en la producción de plásticos, en la síntesis de caucho sintético, en la producción de muchas resinas, y también como desinfectante y como preservante.

4.2 Reacciones Químicas

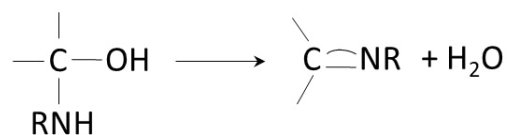
El grupo funcional “carbonilo” es común en ambos los aldehídos y las cetonas, mientras que en un aldehído el grupo carbonilo está unido a un átomo de hidrogeno y a un átomo de carbono, en las cetonas el grupo carbonilo está unido a dos átomos de carbono:



De acuerdo a Rakoff ^(8.13), “Como el oxígeno es más electronegativo que el carbono, tiende a atraer los electrones π hacia sí. Esta atracción da por resultado que el grupo carbonilo sea un grupo polar. El oxígeno tiene una fracción de carga negativa y es nucleofílico; el carbono tiene una fracción de carga positiva y es electrofílico.” (p. 320).

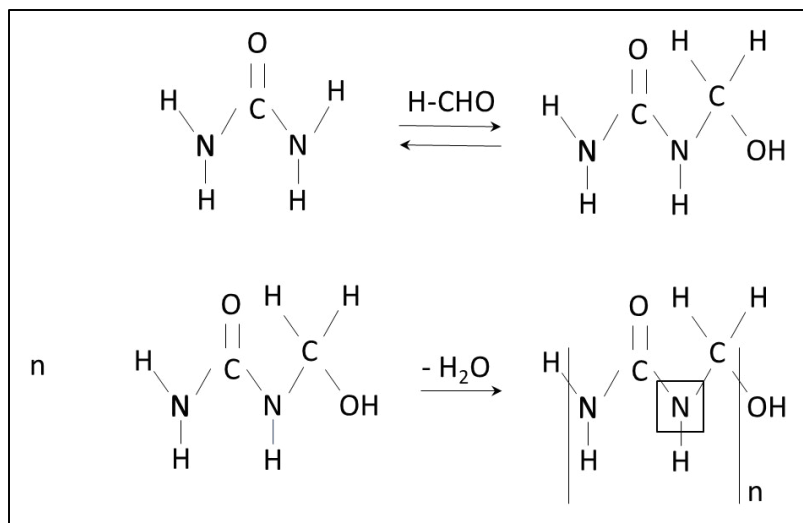
“Como el grupo carbonilo es muy polar, el carbono de este grupo es un centro de baja densidad electrónica y se comporta como electrófilo. Sufre el ataque de reactivos nucleofílicos tales como carbaniones y otros aniones, compuestos órgano-metálicos y algunos compuestos con nitrógeno y oxígeno en los que estos elementos tienen un par de electrones disponible para la formación de enlaces.” (p. 329)

“En algunos casos, por ejemplo, con derivados del amoniac, el producto de

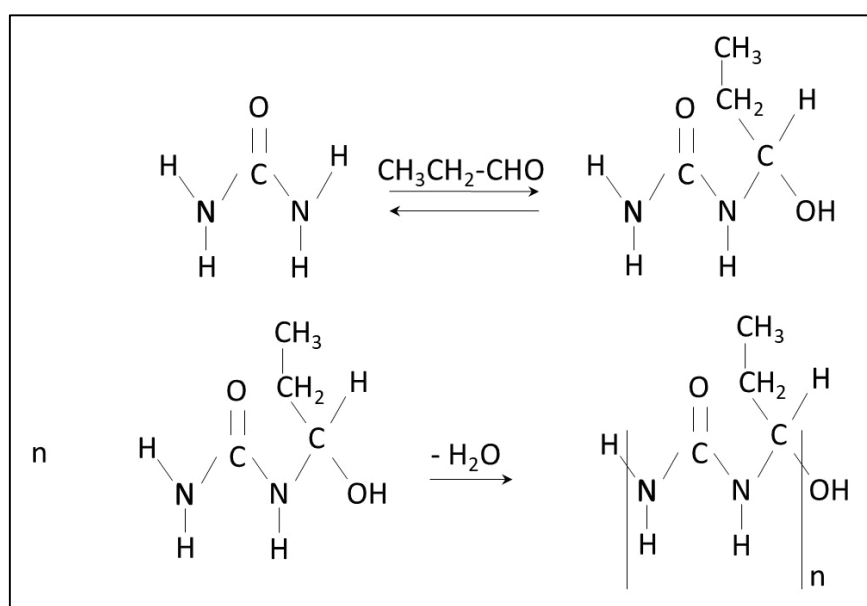


adición al carbonilo sufre eliminación de agua para formar un compuesto no saturado.” (p. 329).

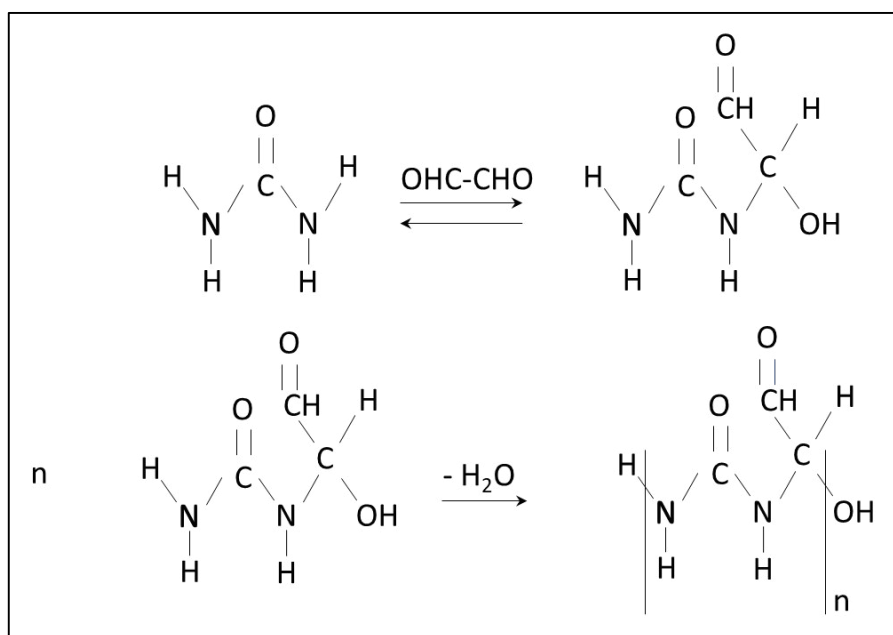
Por lo mencionado arriba, la reacción de urea con metanal (formaldehído) se expresaría como:



Similarmente, la reacción de urea con propanal (propionaldehído) se puede representar de la siguiente manera:



Similarmente, la reacción de urea con etanodial (glyoxal) se puede representar de la siguiente manera:



4.3 Diagrama de Flujo y Condiciones Operativas Antes de la Actividad Profesional

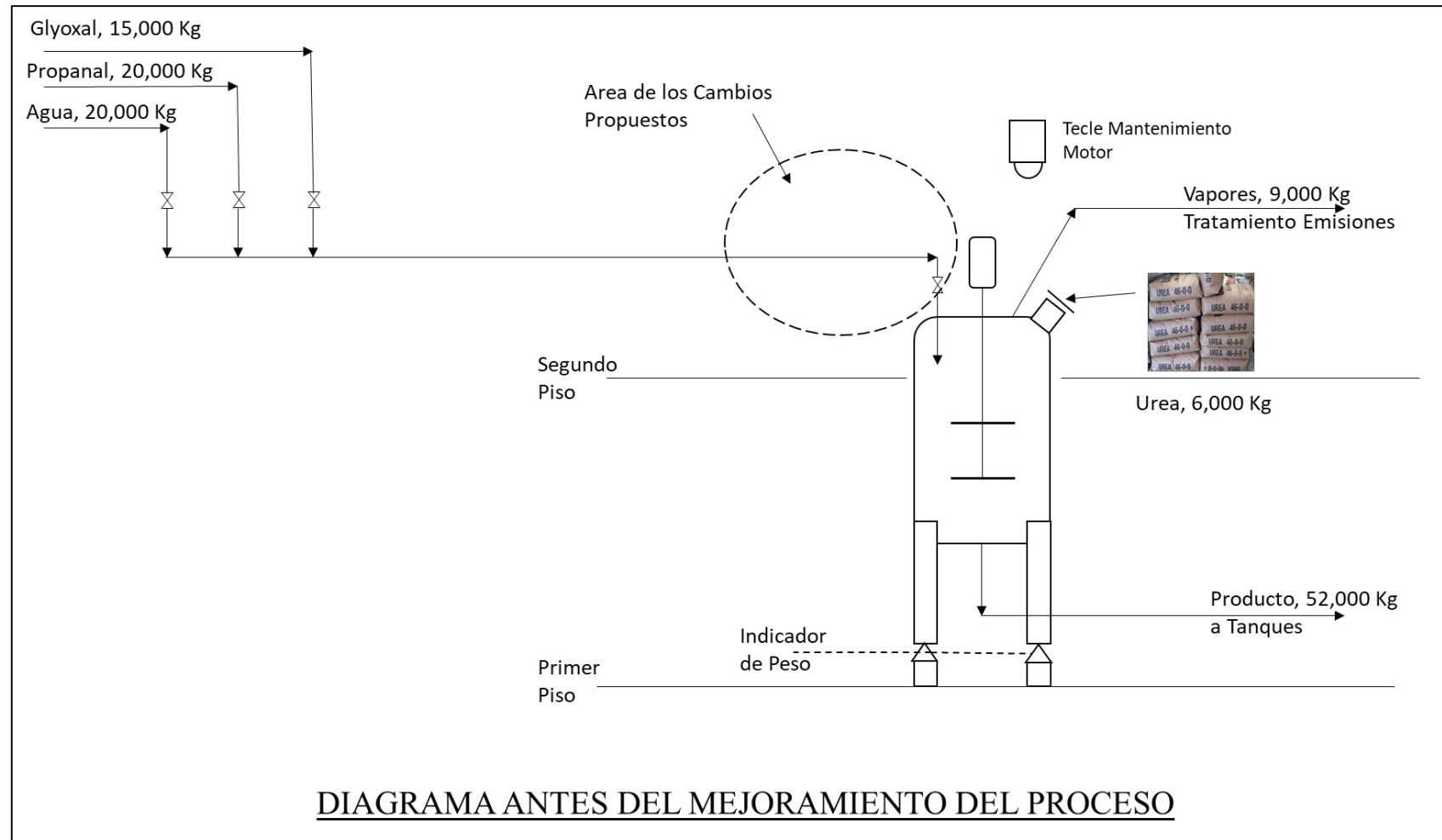
El proceso de producción de resinas y surfactantes para la industria del papel, del cual la empresa SEQUA CHEMICALS es propietaria, es actualmente de dominio público y no se incurrirá en violaciones de confidencialidad.

El reactor utilizado es de aproximadamente 18,000 Galones de capacidad, con agitador de velocidad variable, con chaqueta de calentamiento por vapor a 150 psig (pounds per square inch gauge), con un serpentín interno para agua de torre de enfriamiento, ver Figura 1.

El sistema de adición de sólidos es a través de la compuerta superior del reactor, mientras que líquidos se introducen por tuberías a un colector, con válvulas manuales. La adición de materias primas se controla por peso, con un sistema de medición del peso del reactor.

El reactor cuenta con un condensador y una torre de absorción gas-líquido para eliminar la posibilidad de que sub-productos nocivos afecten el medio ambiente.

Figura 1. Diagrama de Flujo y /Reactor Antes de la Actividad Profesional



La siguiente tabla muestra las condiciones operativas, resaltando la formula básica y tiempos de adición durante la preparación del impermeabilizante, tal como se encontraron, antes de la actividad profesional:

Tabla 1: Condiciones Iniciales – Antes del Mejoramiento del Proceso

<u>Paso</u>	<u>Cambio de Peso / Volumen</u>	<u>Tiempo (horas)</u>	<u>Observaciones</u>
Empezar Agitación a 30 rpm		0.00	
Adición de Agua (Densidad = 8.348 lb/gal)	20,000 Kg / 5,282 Gal	1.17	Flujo a 75 GPM
Calentamiento del Agua, con vapor, hasta 30 °C		1.50	Para contrarrestar disolución endotérmica de la urea.
Adición de urea	6,000 Kg / 1,979 Gal	8.00	Bolsas de 25 Kg c/u
Incrementar Agitación a 50 rpm		0.50	Asegurar disolución de urea (23.1%) y homogeneidad, previo a las reacciones
Adición de propanal (Densidad = 6.727 lb/gal)	20,000 Kg / 6,554 Gal	2.73	Reacción exotérmica (Flujo a 40 GPM)
Reacción urea-propanal		4.00	Mantener temperatura con agua de torre de enfriamiento, máximo a 60 °C
Adición de glyoxal (Densidad = 8.635 lb/gal)	15,000 Kg / 3,830 Gal	1.60	Flujo a 40 GPM
Calentamiento, con vapor, hasta 60 °C		1.50	Vapor 150 psig.
Tiempo de Reacción		4.00	Completar reacciones
Tiempo de Evacuación de sub- productos (Densidad promedio 7.5 lb/gal)	-9,000 Kg / -2,646 Gal	10.00	Agua y productos ligeros que no han reaccionado se evacuan a vacío y 80 °C.
Producto Final (Densidad = 9.000 lb/gal)	52,000 Kg / 12,737 Gal		
Enfriamiento		3.00	Temperatura de Bombeo a 30 °C
Parar Agitación		0.00	Proceder a vaciar reactor
Tiempo de bombeo a tanques de almacenamiento		2.12	Flujo a 100 GPM
Producción Promedio antes del Mejoramiento	52,000 Kg	40.12	1,296 Kg/h

5. MEJORAS INTRODUCIDAS Y RESULTADOS OBTENIDOS

Las áreas que fueron evaluadas y mejoradas para arribar a una mayor producción de impermeabilizante por unidad de tiempo, se mencionan más adelante. Estas mejoras eliminaron la necesidad, pensada inicialmente, de instalar un segundo reactor. Se utilizaron conceptos teóricos de físico química para justificar cambios técnicos relacionados al uso energético del proceso (Ver Diapositiva #4).

Se retaron practicas usadas por mucho tiempo, como el usar bolsas pequeñas de urea versus el uso de bolsas gigantes (big bags o supersacks).

Además, la comunicación con proveedores externos y con personal de planta se mejoró, para beneficio de toda la organización de planta.

El procedimiento de Gestión de Cambios MOC (Management of Change), muy común en Estados Unidos, fue utilizado durante cada etapa de las mejoras, lo cual aseguro la evaluación y aprobación de cambios y mejoras propuestos.

Puesto que la demanda de impermeabilizante en el mercado requería producción sin interrupciones largas, los cambios no podían implementarse al mismo tiempo, cada mejora o cambio propuesto debía evaluarse individualmente por personal calificado de planta, antes de cada implementación ser aprobada.

En el Anexo 9.4 se muestran formatos para evaluación de cambios y para la evaluación de la seguridad de plantas durante la implementación de cambios.

5.1 Reducción del Agua Inicial y Eliminación del Precalentamiento de Agua: La

fórmula inicial requería 5,282 galones de agua, para disolver la urea y producir una concentración al 23.1%, lo suficientemente diluida para evitar congelamiento durante la posterior disolución endotérmica de la urea.

Al reducir el agua inicial y eliminar el precalentamiento de agua, se incrementó el tiempo útil del reactor.

Existía el temor por parte de los dos autores de la patente, de que la solución de urea se congele, al incrementar su concentración a 34.5% con la adición de solamente 3,516 galones de agua. Pero, después de la verificación técnica (Diapositiva #4) y varias pruebas de laboratorio, se comprobó que no existían problemas, ni con la agitación, ni el congelamiento de la mezcla urea/agua.

5.2 Uso Eficiente de la capacidad del reactor: La fórmula inicial, para producción del impermeabilizante, requería un volumen de 17,645 Galones de la capacidad total del reactor, de los cuales 2,646 Galones debían ser evaporados para eliminar sub-productos de reacción y para arribar al contenido de sólidos totales requeridos en la especificación del impermeabilizante.

Al reducir el agua inicial, se redujo el agua a ser evaporada y se pudo incrementar correspondientemente otros componentes en la fórmula. Inicialmente, la producción neta del reactor era 52,000 Kg, mientras que después de la implementación de los cambios, la producción total del reactor se incrementó a 60,542 Kg.

5.3 Implementación de Bolsas Gigantes (supersacks) de urea: Inicialmente, la urea se usaba en bolsas de 25 Kg, lo cual conllevaba un total de 240 bolsas y debían adicionarse manualmente. Este proceso era tedioso, requería una máquina elevadora (fork-lift), dos personas y 8 horas en total (todo un turno laboral). Se pudo corroborar, luego de contactar al distribuidor, que este se preparaba a producir y vender urea en bolsas gigantes (supersacks).

Después de 2 meses de espera, tres bolsas gigantes arribaron a la planta y se completó la prueba más impactante para los operadores. La descarga de cada bolsa gigante de urea, con 1,000 Kg cada una, demora menos de 1 minuto. Por tanto, la adición de seis bolsas gigantes, usando la máquina elevadora (fork-lift) se podía completar dentro de un máximo de 30 minutos.

5.4 Aprovechamiento del calor de reacción entre urea-propanal: Esta reacción es exotérmica, inicialmente se empezaba la reacción a 30 °C y el reactor se calentaba hasta 60 °C, por medio de vapor y agua de torre de enfriamiento. Al empezar la reacción a la temperatura de disolución de la urea (aproximadamente -9 °C), el calor de reacción elevaba la temperatura del reactor y sus contenidos y se obtuvo un perfil de temperatura que era repetible. El sistema de control también se mejoró, implementando un escalamiento automático de la temperatura deseada (setpoint ramp). Este método permitió ahorrar agua de torre de enfriamiento y vapor, en comparación al método inicial, que muchas veces dificultaba el control, la estabilidad y la consistencia del perfil de la temperatura de reacción.

5.5 Implementación de Medidores de Flujo Másico para Adición de Materias

Primas: Adición de materias primas también era un proceso manual. Un operador debía operar y vigilar las bombas, mientras que otro operador vigilaba la lectura del peso del reactor y por medio de radio se comunicaban. Un masó metro, común a las materias primas líquidas se instaló con un controlador, dos válvulas de corte y botones remotos para las bombas (en el cuarto de control). Un operador podía alinear sus válvulas manuales primero, entraba el peso deseado en el controlador y encendía la bomba respectiva (en el cuarto de control). El controlador abría las dos válvulas de corte y al acercarse al peso deseado, automáticamente cerraba primero la válvula de 3", y luego la de 1", lo que aseguraba que la carga actual no sobrepasara la fórmula de reacción por más de 5 Kg. Esta mejora contribuyó también, y de gran manera, a la consistencia en calidad del impermeabilizante.

5.6 Entrenamiento del Personal: En los Estados Unidos existen procedimientos que deben seguirse por Ley y todo cambio en un proceso químico se somete a revisión de personal calificado.

El sistema Gestión de Cambios (MOC-Management of Change) se usó cada vez que algún cambio propuesto se alejaba de límites establecidos para la operación y control del proceso. Este proceso asegura que todo personal se familiarice y sea entrenado en los cambios en todo proceso productivo.

5.7 Uso del sistema Evolución de Proceso Operativo (EVOP-Evolutionary

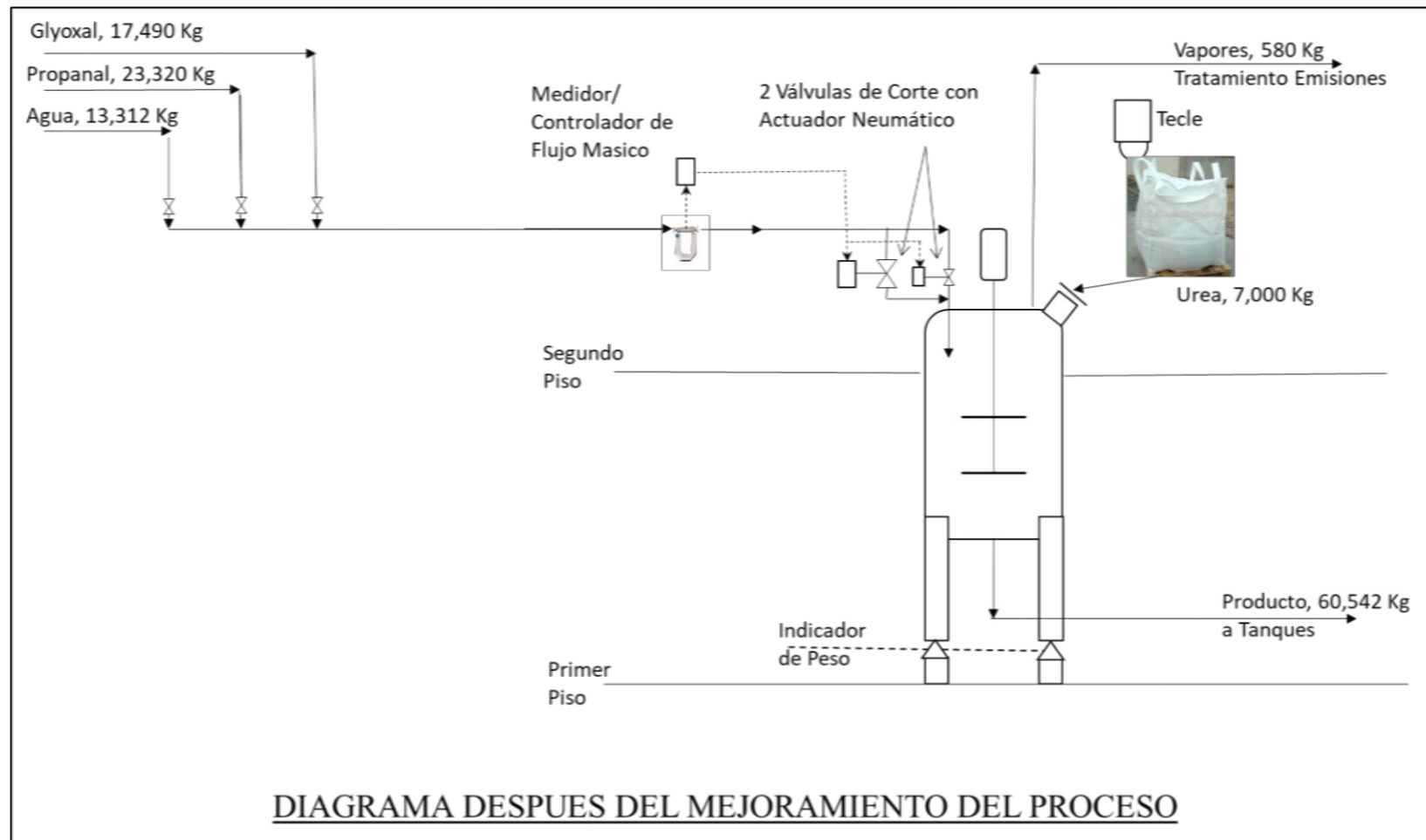
Operating Process); Este método se hizo útil, debido a que en muchos casos no se podían ejecutar cambios drásticos. Por ejemplo, para poder eliminar el precalentamiento del agua antes de la adición de urea, varias pruebas se completaron a temperaturas intermedias. Al ser los resultados positivos y sin problemas, se procedió a bajar la temperatura, hasta llegar al procedimiento final y sin el precalentamiento.

5.8 La siguiente tabla muestra las condiciones operativas después de las mejoras:

Tabla 2: Condiciones Finales - Después del Mejoramiento del Proceso

<u>Paso</u>	<u>Cambio de Peso / Volumen</u>	<u>Tiempo (horas)</u>	<u>Observaciones</u>
Adición de Agua (Densidad = 8.348 lb/gal)	13,312 Kg / 3,516 Gal	0.78	Flujo a 75 GPM
Calentamiento del Agua, con vapor		0.00	Innecesario
Empezar Agitación a 30 rpm		0.00	Asegurar disolución de urea (34.5%)
Adición de urea	7,000 Kg / 2,309 Gal	0.50	Supersacks de 1,000 Kg c/u
Incrementar Agitación a 50 rpm		0.50	Asegurar disolución de urea (34.5%) y homogeneidad, previo a las reacciones
Adición de propanal (Densidad = 6.727 lb/gal)	23,320 Kg / 7,642 Gal	3.18	Reacción <u>exotérmica</u> (Flujo a 40 GPM)
Reacción urea- propanal		4.00	Mantener temperatura con agua de torre de enfriamiento, máximo a 60 °C
Adición de glyoxal (Densidad = 8.635 lb/gal)	17,490 Kg / 4,465 Gal	1.86	Flujo a 40 GPM
Calentamiento, con vapor, hasta 60 °C		0.50	Vapor 150 psig.
Tiempo de Reacción		4.00	Completar reacciones
Tiempo de Evacuación de sub- productos (Densidad promedio 7.5 lb/gal)	-580 Kg / -170 Gal	1.00	Agua y productos ligeros que no han reaccionado se evacuan a vacío.
Producto Final (Densidad = 9.000 lb/gal)	60,542 Kg / 14,830 Gal		
Enfriamiento		3.75	Temperatura de Bombeo a 30 °C
Parar Agitación		0.00	Proceder a vaciar reactor
Tiempo de bombeo a tanques de almacenamiento		2.47	Flujo a 100 GPM
Producción Promedio después del Mejoramiento	60,542 Kg	22.55	2,685 Kg/h

Figura 2 Diagrama de Flujo / Reactor Después de la Actividad Profesional



6. CONCLUSIONES

La actividad profesional descrita en este trabajo monográfico, positivamente influyo en la producción del impermeabilizante en SEQUA Chemicals. La mayor producción por unidad de tiempo se traducía en costos operativos óptimos, puesto que no habría necesidad de aumentar personal para un segundo reactor, propuesto originalmente.

Además, con una bajísima inversión para las mejoras descritas en este trabajo monográfico, SEQUA Chemicals pudo ahorrar capital para otros proyectos y se encontraba en una posición privilegiada frente a competidores a nivel mundial en el rubro de los impermeabilizantes para la industria textil y papelera.

6.1 La exotermicidad de la reacción se aprovechó para el ahorro neto de energía (vapor y agua de enfriamiento). El no requerir mayor tiempo de reacción para las mayores cargas de materias primas, indicaba que ni la fórmula original, ni el proceso de producción del impermeabilizante habían sido optimizados.

6.2 El continuar usando el mismo reactor original, con mejoras implementadas a un costo bajo de capital, probó a toda la organización SEQUA que el ver problemas de una forma global, puede ayudarles a descubrir en sus plantas otras oportunidades o áreas que requieren un mejor enfoque de recursos humanos y presupuesto.

6.3 La inversión para implementar las mejoras propuestas era mucho menor que el capital ya pensado para reemplazar el reactor original. Costos operativos fueron optimizados por unidad de impermeabilizante producido y la empresa SEQUA Chemicals, contaría con capital disponible para otras actividades o necesidades en su plan de inversiones.

6.4 El uso de la metodología EVOP permitió el desarrollo metódico de cambios durante la actividad profesional. Por ejemplo, el no calentar el agua antes de la adición de urea, se completó en varias etapas, para poder satisfacer y ganar la confianza de los químicos, autores de la Patente.

Usando la justificación termodinámica (ver Diapositiva #5) y comprobando que la solución de urea al 35% no causaría problemas de congelamiento, se culminó con la propuesta de no calentar el agua antes de adicionar la urea.

6.5 El uso de graficas tipo PARETTO para la evaluación de cada uno de los pasos del proceso original fue indispensable para enfocar el esfuerzo en aquellas áreas que obviamente necesitaban ser optimizados. Ciertas áreas con mayor costo, pero con beneficios marginales, fueron dejadas de lado hasta que su instalación fuese justificada económicamente.

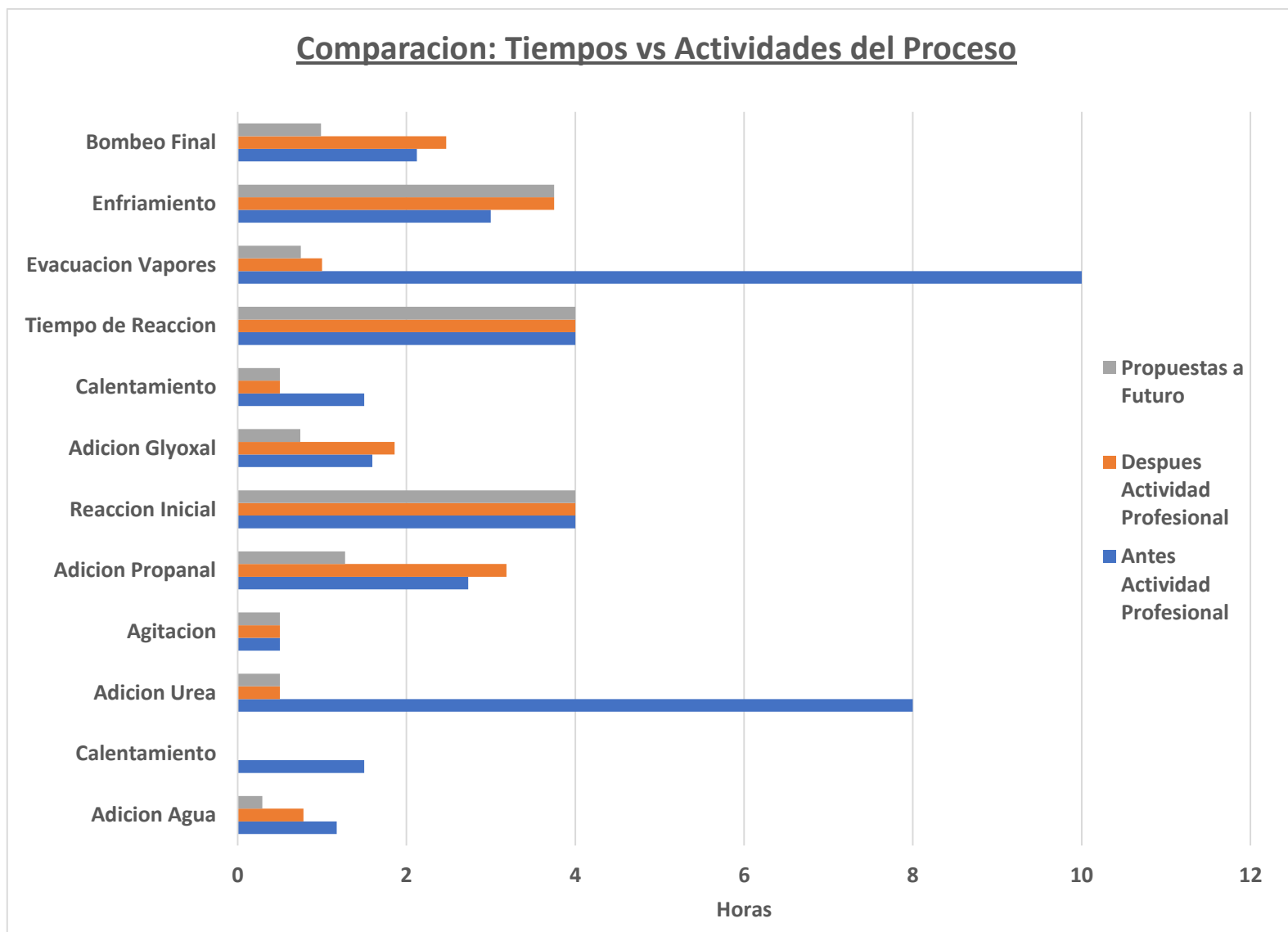
6.6 La tabla 3 y grafica correspondiente, presentan la secuencia de propuestas durante la actividad profesional. Se aprecian beneficios obtenidos durante la actividad profesional descritos en este trabajo monográfico.

Tabla 3: Comparación de las condiciones operativas antes y después de las mejoras implementadas:

<u>Paso</u>	<u>Original (horas)</u>	<u>Mejoras (horas)</u>	<u>Observaciones</u>	<u>Propuesto Futuro (horas)</u>
Adición de Agua	1.17	0.78	Reducción de agua, a pesar de mayor producción (propuesto a futuro: bomba de mayor caudal)	<u>0.29</u>
Calentamiento del Agua, con vapor	1.50	0.00	Innecesario, puesto que se usará calor de reacción	0.00
Adición de urea	8.00	0.50	Adición en bolsas gigantes de 1,000 Kg c/u	0.50
Agitación	0.50	0.50	Disolución de urea en agua es inmediata	0.50
Adición de propanal	2.73	3.18	Flujo a 40 GPM, incrementa debido a mayor carga. (propuesto a futuro: bomba de mayor caudal)	<u>1.27</u>
Reacción urea- propanal	4.00	4.00	Tiempo de reacción no fue afectado	4.00
Adición de glyoxal	1.60	1.86	Flujo a 40 GPM, incrementa debido a mayor carga. (propuesto a futuro: bomba de mayor caudal)	<u>0.74</u>
Calentamiento, con vapor, hasta 60 °C	1.50	0.50	Calor de reacción minimiza tiempo de calentamiento	0.50
Reacción	4.00	4.00	Tiempo de reacción no fue afectado	4.00
Evacuación de sub-productos	10.00	1.00	Mucho menor cantidad de agua a evacuar.	1.00
Enfriamiento	3.00	3.75	Incrementa ligeramente debido a mayor producción	3.75
Bombeo a Tanques de Almacenamiento	2.12	2.47	Flujo a 100 GPM, incrementa debido a mayor tamaño de cada lote producido. (propuesto a futuro: bomba de mayor caudal)	<u>0.99</u>
Tiempo Total Producción 1 Lote	40.12	22.55		17.55

Los cambios en las condiciones de operación influyeron positivamente, tales como:

- Se incrementó la producción en un 16.4%, de 52,000 Kg a 60,542 Kg, manteniendo constante la calidad del producto finl.
- Se incrementó la producción por unidad de tiempo hasta un 107.2% y se pudo reducir el costo de operación en un 48.3%.
- Se pudo satisfacer la demanda del mercado, al reducir el ciclo de producción de cada lote, de 40.12 horas hasta 22.55 horas.
- Se evitó la inversión de 2.9 millones de dólares, al no requerirse un nuevo reactor con las mismas características.



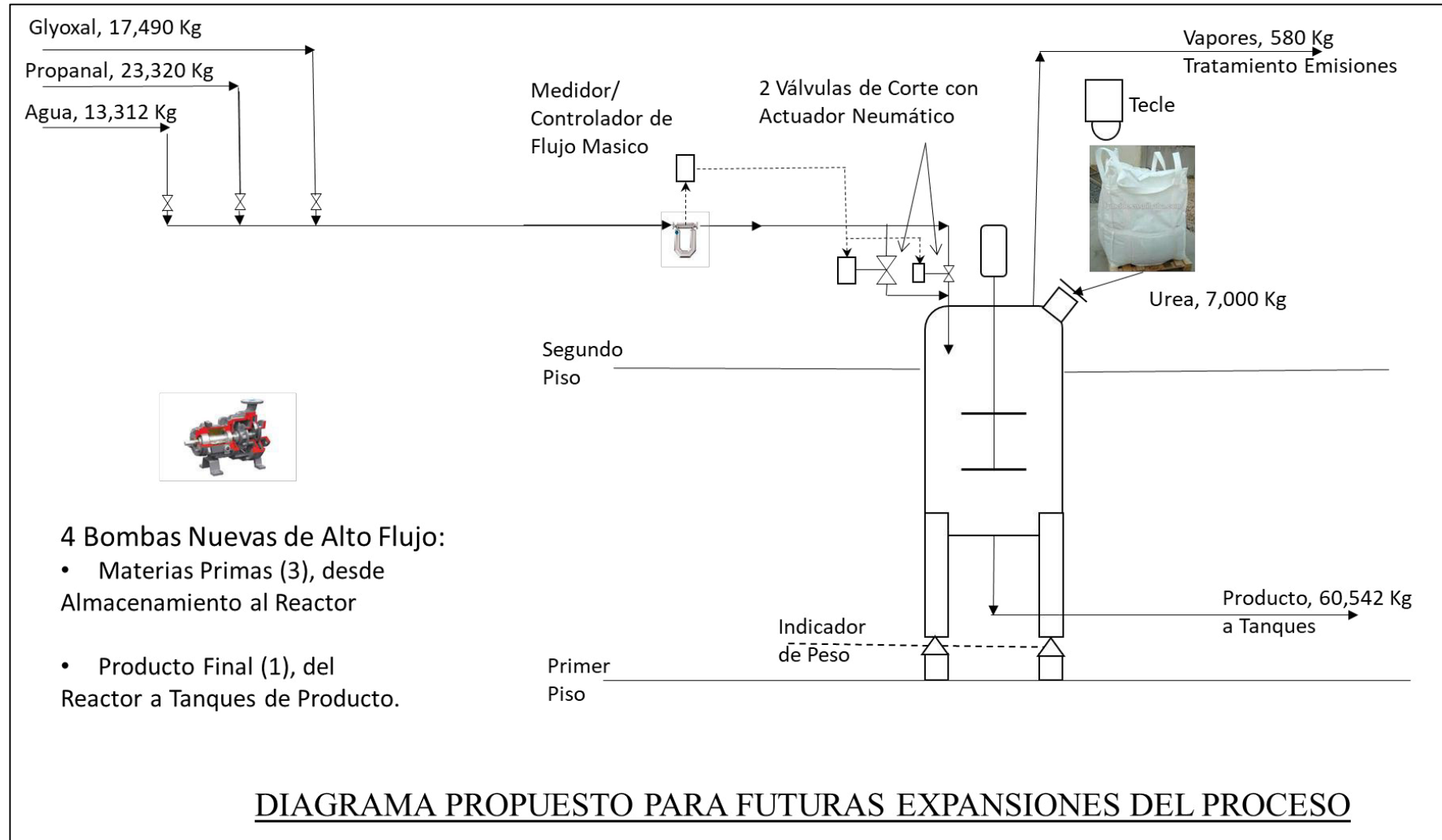
7. RECOMENDACIONES

- 7.1 Los tiempos de reacción iniciales (4 horas) no fueron reducidos durante la presente actividad profesional. Pruebas adicionales para reducir los tiempos actuales de reacción, sin afectar la calidad ni las propiedades del impermeabilizante, podrían aumentar la producción neta de la planta SEQUA CHEMICALS.
- 7.2 Las bombas de alto flujo propuestas podrían ser mejoras del impulsor interno solamente o la combinación bomba y motor nuevo. El incrementar el diámetro del impulsor tiene limitaciones eléctricas que deberán ser consideradas en esta propuesta. Un análisis preliminar con bombas de mayor flujo es presentado en la Tabla 3, donde se muestra un potencial de triplicar la producción original, antes de la actividad profesional.
- 7.3 La evaluación de bombas de alto flujo propuesta al concluir el presente trabajo monográfico, deberá asegurar que el sistema de tuberías es adecuado desde el punto de vista mecánico. El riesgo sería el exceder ciertas velocidades de flujo que podrían impactar negativamente al desgaste interno de tuberías debido a la alta erosión.
- 7.4 En adición al riesgo con erosión de tuberías, también existe el riesgo de la capacidad hidráulica y de captura de componentes nocivos por el sistema de protección ambiental. El condensador y la torre de absorción de gases nocivos, necesitaría un estudio muy detallado y particular.
- 7.5 La actividad profesional se enfocó en áreas que mostraban un alto índice de éxito con mayor retorno a la inversión del tiempo permitido por SEQUA CHEMICALS, pero asegurando que los límites permitidos de emisión no fuesen sobrepasados.
- 7.6 La siguiente tabla 4 muestra el beneficio de las propuestas a futuro, por el aumento del caudal de 4 bombas de proceso relacionadas al procesamiento de impermeabilizantes en el reactor descrito en este trabajo monográfico.

Tabla 4: Condiciones Propuestas - Para Futuras Expansiones

<u>Paso</u>	<u>Cambio de Peso / Volumen</u>	<u>Tiempo (horas)</u>	<u>Observaciones</u>
Adición de Agua (Densidad = 8.348 lb/gal)	13,312 Kg / 3,516 Gal	0.29	Flujo a 200 GPM
Calentamiento del Agua, con vapor, hasta 30 °C		0.00	Innecesario
Empezar Agitación a 30 rpm		0.00	Asegurar disolución de urea (34.5%)
Adición de urea	7,000 Kg / 2,309 Gal	0.50	Bolsas Gigantes (supersacks) de 1,000 Kg c/u
Incrementar Agitación a 50 rpm		0.50 horas	Asegurar disolución de urea (34.5%) y homogeneidad, previo a las reacciones
Adición de propanal (Densidad = 6.727 lb/gal)	23,320 Kg / 7,642 Gal	1.27	Reacción exotérmica (Flujo a 100 GPM)
Reacción urea- propanal		4.00	Mantener temperatura con agua de torre de enfriamiento, máximo a 60 °C
Adición de glyoxal (Densidad = 8.635 lb/gal)	17,490 Kg / 4,465 Gal	0.74	Flujo a 100 GPM
Calentamiento, con vapor, hasta 60 °C		0.50	Vapor 150 psig.
Tiempo de Reacción		4.00	Completar reacciones
Tiempo de Evacuación de sub-productos (Densidad promedio 7.5 lb/gal)	-580 Kg / -170 Gal	1.00	Agua y productos ligeros que no han reaccionado se evacuan a vacío.
Producto Final (Densidad = 9.000 lb/gal)	60,542 Kg / 14,830 Gal		
Enfriamiento		3.75	Temperatura de Bombeo a 30 °C
Parar Agitación		0.00	Proceder a vaciar reactor
Tiempo de bombeo a tanques de almacenamiento		0.99	Flujo a 250 GPM
Tiempo Total del Batch		17.55 Horas	Producción = 3,450 Kg/h

Figura 3. Recomendación – Instalar 4 bombas



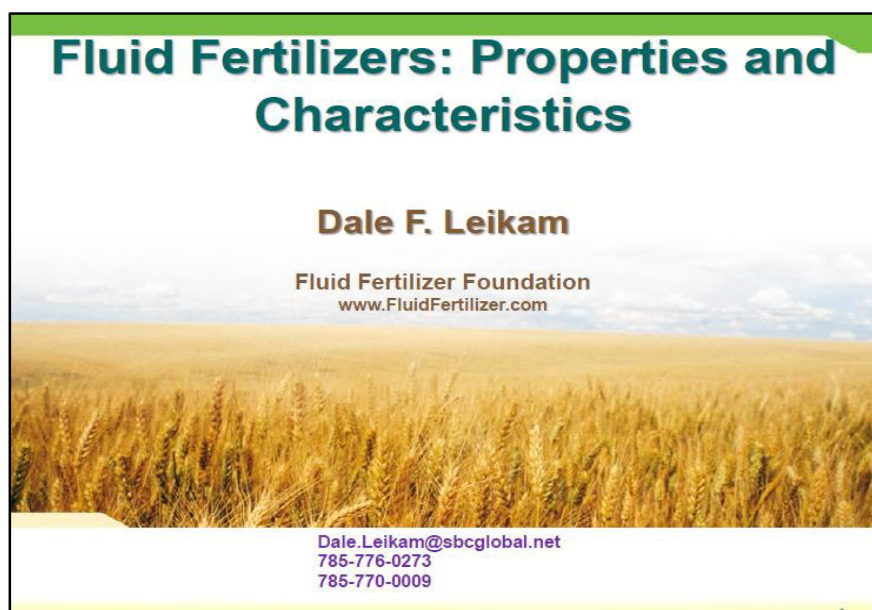
8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 8.1 Leikam, D. F., ‘Fluid Fertilizers: Properties and Characteristics’, Fluid Fertilizer Foundation, Indianapolis Marriott East, USA, (2010).
- 8.2 Science Lab, Chemicals & Laboratory Equipment, Material Safety Data Sheet – Glyoxal 40%, (2005).
- 8.3 Science Lab, Chemicals & Laboratory Equipment, Material Safety Data Sheet – Propionaldehyde, (2005).
- 8.4 Potash Corporation, Material Safety Data Sheet – Urea, Liquor, (2013).
- 8.5 Floyd, W. C. y North, B. F., US Patent 4455416, Sun Chemical Corporation, Cyclic Urea/Glyoxal/Polyol Condensates and their use in treating textile fabrics and paper, (1984)
- 8.6 Box, G. E. P. y Draper, N. R., Evolutionary Operation - A Statistical Method for Process Improvement, (1998)
- 8.7 Floyd, W. C. y Sharif, S., US Patent 5268030, Sequa Chemicals Inc., Paper coating composition containing a zirconium chelate insolubilizer, (1993)
- 8.8 Pickering, M., The Journal of Chemical Education, Vol 64, p.723, (1987)
- 8.9 Gleick, J., GENIUS-The Life and Science of Richard Feynman, (1992)
- 8.10 Gleick, J., CHAOS-Making a New Science, (1991)
- 8.11 Urea, The Chemical Company, <https://thechemco.com/chemical/urea/>
- 8.12 European Fertilizer Manufacturer’s Association (EFMA), Production of Urea and Urea Ammonium Nitrate, Booklet No. 5 of 8, (2000)
- 8.13 Henry Rakoff y Norman C, Rose, Quimica Organica Fundamental, 1974
- 8.14 Sartoretto, P., US Patent 4591375A, W. A. Cleary Chemical Corporation, Urea-Acetaldehyde and Urea-Acetaldehyde-Propionaldehyde Solutions, (1986)
- 8.15 Feichtinger, H., US Patent 3365468A, Ruhrchemie Ag, Urea and/or Thiourea-Aldehyde Condensation Products, (1964)
- 8.16 Goldstein, H. B., Silvestri, M. A., US Patent 3049446A, Sun Chemical Corporation, Process for the Manufacture of Urea, Glyoxal and Formaldehyde Reaction products Useful for Improving Cellulosic Textile Materials, (1960)

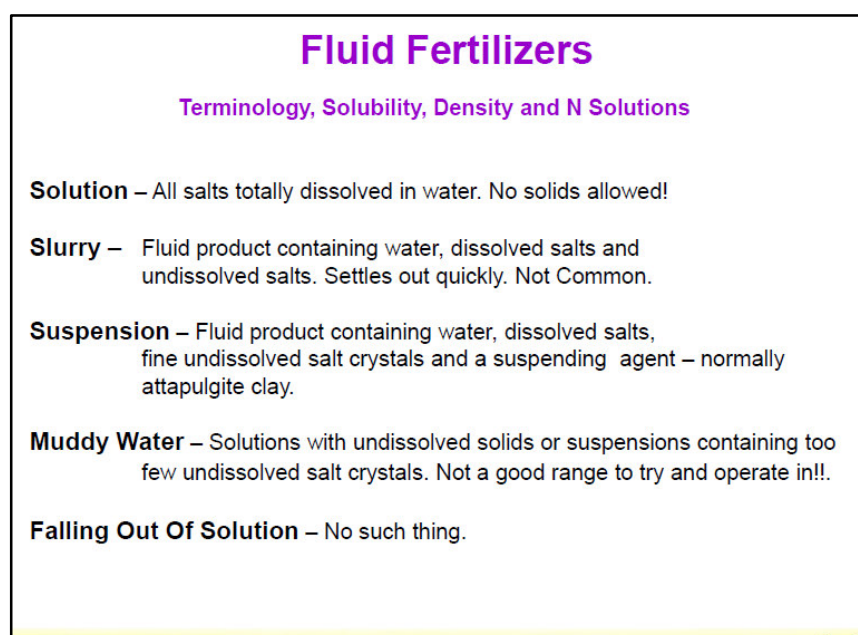
9. ANEXOS

9.1 Diapositivas con Información Técnica para Justificar Cambios Propuestos

Las cinco diapositivas siguientes de Leikam, D. F.^(9.1) proporcionan información básica de la terminología usada con disoluciones urea-agua.



Diapositiva # 1

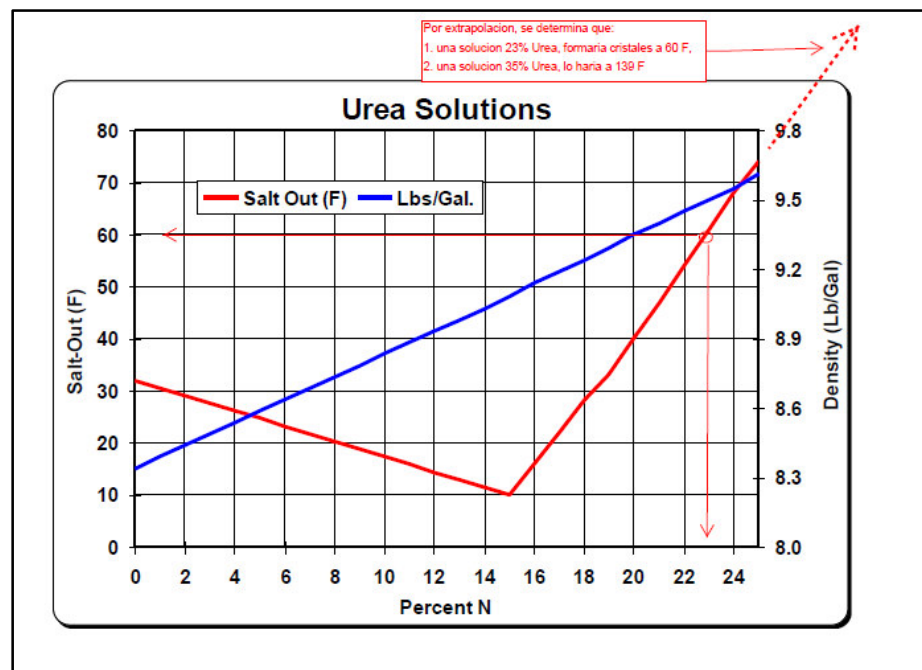


Diapositiva # 2

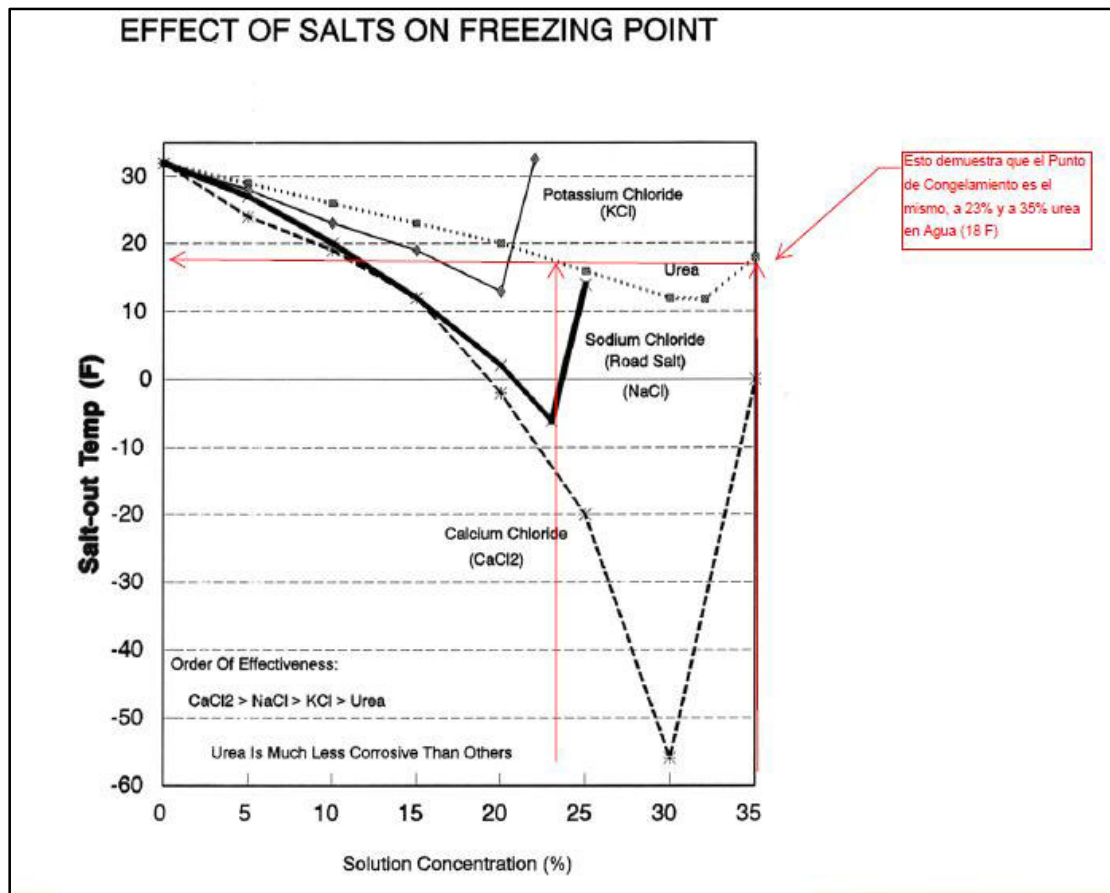
Salt-Out – Crystals form as solution cools; goes back in solution as product is warmed.
Example; UAN Solution.

Precipitate Formation – Non-crystalline mass forms which has much lower solubility than original ingredients in solution. Example; Improperly stored fluid phosphates

Diapositiva # 3



Diapositiva # 4



Diapositiva # 5




Se puede comprobar en la diapositiva # 5, que:

- el punto de congelamiento de una solución de urea al 23% es igual que al de una solución al 35% ($-7.8\text{ }^{\circ}\text{C}$), y
- aunque las respectivas temperaturas a las que las soluciones de urea empiezan a precipitar sales, son:
 - $59.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ en una solución al 35% y
 - $15.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ en una solución al 23%,

es posible operar con ambas disoluciones, puesto que el punto actual de congelamiento para soluciones entre 23% y 35% de urea, es mucho menor.

9.2 Fotos de equipo instalado para mejoras al reactor.

<u>Descripción</u>	<u>Envase Original para Urea</u>
<p align="center"><u>BOLSA de UREA</u></p> <p>Peso por bolsa es 25 Kg. Descarga manual por el manway del reactor una bolsa a la vez.</p> <p>Tiempo de descarga promedio: 2 minutos/bolsa, era igual a: $6,000 \text{ Kg} * 2 \text{ min} / 25 \text{ Kg} = 480 \text{ minutos}$ (Total = 8 horas).</p>	 <p align="center">Bolsas de de papel de Urea = 25 Kg c/u</p>
	<u>Envase Implementado para Urea</u>
<p align="center"><u>SUPERSACK de UREA</u></p> <p>Peso por supersack es 1,000 Kg. Descarga por el manway, desde la parte inferior del supersack.</p> <p>Tiempo de descarga promedio: 8 minutos por supersack, equivale a: $7,000 \text{ Kg} * 4 \text{ min} / 1,000 \text{ Kg} = 28 \text{ minutos}$ (Total < 0.5 horas).</p>	 <p align="center">Supersack de Polietileno Urea = 1,000 Kg c/u</p>

<u>Descripción</u>	<u>Mejora Implementada: Medición por Masometro en vez de Peso del Reactor</u>
<p><u>Medición y Control de Flujos de Materias primas Liquidas</u></p> <p>El masometro mostrado y su controlador, mejoraron la consistencia de calidad y exactitud de las adiciones de materias primas liquidas.</p>	 <p>Micromotion ELITE Flujometro de Masa</p>
<u>Descripción</u>	<u>Mejora Implementada: Control Automatico en vez del Manual</u>
<p><u>Valvulas de alta performance</u></p> <p>Con actuadores electro neumáticos para servicio ON-OFF, se usaron para controlar el flujo total de cada materia prima liquida.</p> <p>Esto permitió mejorar la consistencia del producto final.</p>	 <p>Valvulas con actuador usadas para químicos nocivos</p>
<u>Descripción</u>	<u>Mejora Propuesta: Cuatro Bombas de Alto Flujo</u>
<p><u>Impulsores Optimizados</u></p> <p>Bombas centrifugas similares se propusieron para usar el impulsor de diámetro optimo, para maximizar el caudal y usando los motores originales.</p> <p>Esta opción triplicaría la producción, si fuese necesario.</p>	 <p>Bomba centrifugas</p>

9.3 Formato Evaluación de Riesgos de Seguridad en Proyectos (Project Hazard Review)

El siguiente formato se adhiere a los requerimientos de la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) de los Estados Unidos.

Cada revisión técnica de un proyecto deberá evaluar riesgos al personal y a los equipos, sobre todo aquellos proyectos con alto riesgo de impacto al público adyacente a las plantas químicas respectivas.

El tipo de proyecto, tipo de evaluación, material para el soporte técnico y los miembros que evalúan debe acotarse para posterior auditorias. Los riesgos y las maneras de mitigarlos o eliminarlos debe ser tabulada y el seguimiento debe ceñirse a las fechas acordadas, con culminación antes del arranque del proyecto o de las operaciones.

El mantener estos procedimientos, corresponde a actividades de ingenieros de proceso.

PROJECT HAZARD REVIEW**CHEMICALS GROUP**

CE No: _____
 Facility: _____
 Plant: _____
 Date of Review: _____

Project Title: _____

Brief Project Description: _____

Type of Review: ☐ Preliminary Hazards Review, ☐ System Functional Specification Review

☐ Design Hazard Review, ☐ Computer Control Safety Review, ☐ Design Verification Review

☐ ORI/Safety Audit - Type: _____ ☐ Equipment Acceptance

Team Members:**Signatures/Date:**

_____ (Chairman)	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Methodology Used:**Prior Hazard Review References Used:**

Attachments (i.e., methodology worksheets, drawings, procedures, etc., that are pertinent):

SAFETY REVIEW ITEMS / RECOMMENDATIONS LIST

[illegible]

Notes: List all findings and recommendations in the following table.
For ORI's classify each item as (M) Mandatory, (NM) Non-Mandatory, or (TO) Trade-off.

9.4 Formato para evaluación de seguridad para Cambios, Procedimiento para el Proceso de Gestión de Cambios MOC (Management of Change)

El procedimiento de Gestión de Cambios MOC (Management of Change), muy común en Estados Unidos, fue utilizado durante cada etapa de las mejoras, lo cual aseguro la evaluación y aprobación de cambios y mejoras propuestos. A continuación, se muestran:

1. Formato para Evaluación de Cambios

El formato es fácil de entender, a pesar que está en inglés, pero este debe contener autor(es), referencias, soporte técnico, personal calificado para la evaluación, requerimientos para la instalación, entrenamiento y puesta en marcha del cambio.

Por ley del gobierno federal estadounidense, estos documentos deben mantenerse disponible por 5 años, en el evento de alguna auditoria interna o externa. Además, todo cambio deberá incorporarse a los documentos de proceso, que son actualizados durante la revisión técnica de toda planta que desee mantenerse operativa.

2. Procedimiento para el Proceso de Gestión de Cambios MOC (Management of Change)

Este procedimiento cumple con lo establecido por leyes federales del gobierno de Estados Unidos. La intención es proteger al público y evitar eventos catastróficos.

Se puede ver en detalle, los requerimientos del procedimiento de Gestión de Cambios (MOC – Management of Change), inclusive un diagrama de flujo del procedimiento a seguir.

Este procedimiento se mantiene vigente, con variaciones particulares de todas las plantas químicas en Estados Unidos.

PASADENA PLANT		MANAGEMENT OF CHANGE		MOC APPROVAL FORM	
<u>TYPE</u> <input type="checkbox"/> PROCESS <input type="checkbox"/> EQUIPMENT <input type="checkbox"/> LABORATORY <input type="checkbox"/> CONTROL SYSTEMS <input type="checkbox"/> PROCEDURES	<u>TITLE</u> <u>PROCESS UNIT/SYSTEM/PROGRAM</u>	<u>CHANGE LOG NO.</u> <input type="checkbox"/> <u>TEMPORARY</u> EFFECTIVE UNTIL:			
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">DESCRIPTION OF CHANGE</div>					
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">REVIEW & APPROVAL</div> <div>INITIATOR _____</div> <div>DATE _____</div> </div>					
	<u>REVIEW #1</u>	<u>DATE</u>	<u>REVIEW #2</u>	<u>DATE</u>	
PQIL _____	_____	_____	_____	_____	
EQIL _____	_____	_____	_____	_____	
LQIL _____	_____	_____	_____	_____	
SQIL _____	_____	_____	_____	_____	
OTHER _____	_____	_____	_____	_____	
HAZARD REVIEW REQUIRED? <input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO FORMAL ORI REQUIRED? <input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO OPHR AFFECTED? <input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO IF YES, A HAZOP REVIEW IS REQUIRED. VHAP/PIPING INTEGRITY AFFECTED? <input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO					
<u>NOTIFICATION:</u> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> <div> <input type="checkbox"/> ADMIN-SHE SECTY <input type="checkbox"/> PUI OPS MGR <input type="checkbox"/> ENGRG SERV MGR </div> <div> <input type="checkbox"/> PVOH OPS MGR <input type="checkbox"/> MATL MGMT MGR <input type="checkbox"/> LDAR TECH </div> <div> <input type="checkbox"/> SMR PLANT MGR </div> </div>					
<u>APPROVAL</u> <u>DATE</u>					
CONTROL SYSTEMS MANAGER _____ DEPT MGR/AREA SUPT _____					
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">WORK COMPLETE</div>					
MAINTENANCE PLANNER _____ CONTROL SYSTEM ENGINEER _____ SYSTEM ADMINISTRATOR _____ OTHER _____					<u>DATE</u>
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">INSPECTED/VERIFIED</div>					
SUPERVISOR _____ DATE _____					
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">MOC COMPLETE</div>					
MOC COORDINATOR _____ DATE _____					

DOCUMENTATION CHECKLIST		MARK-UPS ATTACHED		DISTRIBUTED FOR REVISION	
CHANGE LOG NO.:		WHO	DATE	TO	DATE
PROCESS	EFD (P&ID) - ENGRG				
	SFD - SIMPLIFIED				
	PFD - PROCESS				
	UFD - UTILITIES				
PROCESS SAFETY INFO FILES	DESIGN BASES				
	PROCESS DESCRIPTIONS				
	REACTIVITY GRID				
	PHYSICAL DATA FILE				
	CORROSION FILES				
CONTROL SYSTEMS	FILES/AIM SOFTWARE				
	CONTROL SYSTEM CHANGE FORM				
	SOFTWARE CONFIGURATION				
	SCHEMATICS				
	AREA DATABASE				
	SYSTEM CHANGE (NETWORK CONFIG FILE)				
	HISTORY				
	AM DOCUMENTATION				
	LOGIC OVERVIEW				
	PLC LADDER LOGIC				
INSTRUMENT & ELECTRICAL	INDEX				
	LOOP SHEET				
	DATA SHEET/SPEC				
	JUNCTION BOX				
	CABLE SCHEDULE				
	ELECTRICAL SCHEMATICS				
	ELECTRICAL CLASSIFICATION				
	POWER DISTRIBUTION				
	SPARE PARTS				
MECHANICAL	EQUIPMENT SPEC SHEETS				
	DRAWINGS				
	SPARE PARTS				
RELIEF VALVE DESIGN	DATA SHEET/SPEC				
	CALCULATIONS				
	MMS - PDIS				
MAINTENANCE	MMS - EQUIPMENT LIST				
	MMS - SCHEMAS				
	MMS - MASTOR				
	KEY CALIBRATION EQUIPMENT LIST				
SHE	OPHR UPDATE				
	HAZOP				
	HAZARD REVIEW				
	FAULT TREE				
	MSDS				
	CONFINED SPACE LIST				
	SAFETY EQUIPMENT				
	VOC/LEAK PATROL				
	CHEM/HAZ MATERIAL REQUEST FOR APPROVAL				
	HAZARDOUS MATERIAL INVENTORY				
	PERMIT REVISIONS				
	SARA INVENTORY				
	HEALTH HAZARDS EVALUATION				
PROCEDURES	OPERATING PROCEDURES				
	JSA				
	KEY EQUIPMENT LIST				
	PRODUCT/RAW MATERIAL SPEC				
	OTHER				
	SPREAD SHEET				
	LAB COMPUTER DATABASE				
	ACCOUNTING ASSET DISPOSAL				
	PROOF TEST PROCEDURES				

ENGINEERING PROCEDURE**Management of Change—
Process, Equipment, and Software****C3S005**Revision 5
August 2000
Page 1 of 13RESPONSIBLE GROUP: Chemicals PST
COORDINATOR:

TABLE OF CONTENTS		
Section	Title	Page
1.	Purpose	2
2.	Scope	2
3.	Related Documents	2
4.	Responsibilities	3
5.	Definitions	3
6.	Technical Requirements	6
7.	Approval Authority	7
8.	Documentation Requirements	9
9.	Audits and Controls	10
Table 1	Summary of Representative Software Changes	8
Appendix A	Management of Change Form	11
Appendix B	Management of Change Log	11
Appendix C	Qualified Individuals List	11
Figure 1	Management of Change-Process and Equipment	12
Figure 2	Management of Change-Software	13

AUTHORIZATION

Manager, Chemicals PST_____
Manager, Process Safety_____
Vice President, Chem. Mfg.

1. PURPOSE

- 1.1** To ensure that the safety of the plant operation is maintained by adequately evaluating changes to process conditions, equipment, piping, control systems process chemicals, technology, conditions, and/or procedures, and that the impact of changes to releases to the environment is recognized. This practice sets forth minimum requirements for the review and approval of all changes prior to implementation. This practice also provides for compliance with the Management of Change and Pre-startup Safety Review sections of OSHA 29 CFR Part 1910.119, "Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals" and EPA 40CFR-Part 68, "Accidental Release Prevention Requirements; Risk Management Programs Under Clean Air Act Section 112(R)(7)."
- 1.2** PLCs, distributed control systems, unit process controllers, and control computers are being employed in the Chemicals Group facilities in increasing numbers to improve the efficiency of operation. The inherent nature of these systems allows changes in control strategy and software to be made quickly and with relative ease. The changes may have profound safety effects. It is therefore essential that procedures be in place to make certain that software modifications receive adequate review, documentation, and approvals to assure the safety of the operation.

2. SCOPE

- 2.1** This guideline applies to all Chemicals Group manufacturing and pilot plant facilities located at manufacturing sites worldwide.
- 2.2** The software change requirements apply to all systems utilizing programmable controllers (PLC), distributed control systems, unit process controllers, and control computers for process control. Included are information systems that provide access to operating and/or emergency procedures and any system that includes batch repairs or formulations. Excluded are computer based data acquisition systems that do not have control functions and process development units. (See Figures 1 and 2.)
- 2.3** Changes proposed for systems in critical applications, as defined in Section 5.3, must also be reviewed by a hazards review team.

3. RELATED DOCUMENTS

3.1 U.S. Department of Labor; Occupational Safety and Health Administration (OSHA)

- OSHA 29 CFR–Part 1910.119–Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals
- Environmental Protection Agency 40 CFR–Part 68–Accidental Release Prevention Requirements; Risk Management Programs Under Clean Air Act Section 112(R)(7)

3.2 Policies

Corporate Safety Policy 1001–Safety

3.3 Engineering Documents

803–Process Safety
804–Hazard Reviews
806–Engineered Systems
807–Alarm Management for Complex Process Plants
C3PS001–Identification and Documentation of Critical Safety Systems
C3S002–Employee Participation
C3S003–Hazard and Operability Review Process
C3S004–Operational Readiness Inspection
C3S011–Application and Use of Instrumented Systems in Process Plants
C3S013–Alarm Management
C5S005F1–Management of Change Form
C5S005F2–Management of Change Log
C5S005F3–Qualified Individual List

- TT4DV504–New Chemical Introduction
- **To be published at a later date.**

3.4 Compliance Specifications

OSHA PSM Compliance Specifications
EPA Risk Management Program Compliance Specifications

3.5 Appendices

Appendix A–Management of Change Form
Appendix B–Management of Change Log
Appendix C–Qualified Individual List

4. RESPONSIBILITIES

- 4.1** The Plant/Facility Manager is responsible for implementation and administration of this practice and for ensuring that all process, equipment, software, and procedural changes are reviewed and documented in accordance with the intent of this practice.
- 4.2** The Manager, Process Modeling and Controls in the Chemicals PST or equivalent position is responsible for coordination of the software changes covered by this practice during the pre-startup, checkout, and commissioning phases and for the smooth and orderly transfer of the control of software changes to Operations.
- 4.3** The Manager, Process Modeling and Controls in the Chemicals PST or equivalent position is also responsible for assisting the facility manager in software review on an on-going basis after takeover by Operations. The Process Control Systems Manager will assist the facility manager in the selection and training of qualified reviewers and periodically auditing facility operations to ensure that the intent of this practice is being met.

5. DEFINITIONS

5.1 Process or Equipment Changes: Process or equipment changes include:

- 5.1.1** Any change in alarm settings, interlocks and process trips. Changes in operational alarms, which can be adjusted by the operator, do not constitute a change.
- 5.1.2** A repair or replacement except in kind, where materials, materials surfaces or properties, testing, fabrication techniques or fabrication codes are changed. Changes in manufacturer, except when detailed design specifications are **absolutely** identical, does constitute a change.
- 5.1.3** Any physical change in process equipment, piping, instrumentation, control or electrical systems.
- 5.1.4** Any changes in process chemicals, raw materials, products, catalysts, technology or procedures or any operations outside the limits specified in the standard operating procedures currently in effect.
- 5.1.5** Any changes in utility services (e.g. cooling water, mill water, steam condensate, nitrogen, instrument air).
- 5.1.6** Any changes in safety or protective equipment as to location and type (includes fire protection, alarms, vapor detection systems, etc.).
- 5.1.7** Any change to relief valve setting or capacity.
- 5.1.8** Any engineering software change, including informational systems needed to provide procedures or recipe formulation information needed to operate a process in normal, startup, shutdown, or emergency modes.
- 5.1.9** Any change that will affect an environmental emission or permit condition.

- 5.2 Procedural Changes:** Any changes to Standard Operating Procedures, Emergency Manuals, Operating Manuals, or Safety Manuals. Changes in process sampling or analytical methods or procedures.
- 5.3 Operational Software Changes:** Operational changes are those necessary for normal operation of the plant. These will include setting loop set-points, putting loops on/off computer control, starting/stopping devices, adjusting or disabling operational aid alarms, and providing routine input data needed to keep the control system current (e.g., raw material and other analyses, tuning constants and constraints, and batch recipe data identified as normally provided by operators).
- 5.4 Significant Engineering Software Changes:** Significant changes are those that do not alter control philosophy and are needed to fine tune the process or to correct for process changes. Included are alarm limits, minor control or sequence logic changes, conversion factors, control logic limits, batch recipe data normally provided by engineers, and the defeat of non-critical alarms.
- 5.5 Major Engineering Software Changes:** Major changes are those that result in control philosophy or major logic changes or the addition of new control logic. Included are major restructuring of loops, batch logic restructuring due to process or procedural changes, and the addition/ deletion of software modules.
- 5.6 Affected Employee:** Employees who operate a process and maintenance and contract employees whose tasks will be impacted by changes to the process or procedures.
- 5.7 Critical Alarm:** An alarm which has no automatic backup system that returns the system to a safe state and that requires immediate action to be taken by the operator in order to prevent, control, or mitigate the consequences of major incidents, which have the potential to cause loss of life.

Examples:

- Fire alarm
 - Combustible gas alarm
 - Toxic gas alarm
 - Alarms identified by quantitative analysis as being necessary to reach hazard rate target
- 5.8 Critical Safety Alarm:** An alarm which requires immediate action to be taken by the operator to prevent, control, or mitigate consequences that represent an immediate, life-threatening incident. This type of alarm does not have any automatic remediation system that returns the plant to a safe state. Examples of these include the following:
- Fire alarms that are monitoring areas that are located indoors or are monitoring totally enclosed (i.e., confined) plant areas.
 - Combustible gas alarms that are monitoring areas that are located indoors or are monitoring totally enclosed (i.e., confined) plant areas.
 - Toxic gas alarms.
 - Alarms having no automatic remediation system that returns the system to a safe state that are identified by quantitative analysis as being necessary to reach FAR target or to reduce the potential for third-party risk.
- 5.9 Critical Protection Device:** Protection devices whose installation and performance is required to meet or exceed one of the following:
- The hazard rate target for an in-plant occurrence or is required from analysis of potential third party exposure,

- Appropriate codes or insurance agency standards whose purpose is to prevent, control, or mitigate the consequences of major incidents which have the potential to cause loss of life, or
- Local, state, federal, or national regulations whose purpose is to prevent, control, or mitigate the consequences of major incidents which have the potential to cause loss of life.

Examples:

- Safety valves
- Rupture discs
- Flame arrestors
- Steam drum low level switch

5.10 Critical Protective System: Those protective systems whose installation and performance are required to meet or exceed one of the following:

- The hazard rate target for an in-plant occurrence or required from analysis of potential third party exposure,
- Appropriate codes or insurance agency standards whose purpose is to prevent, control, or mitigate the consequences of major incidents which have the potential to cause loss of life, or
- Local, state, federal, or national regulations whose purpose is to prevent, control, or mitigate the consequences of major incidents, which have the potential to cause loss of life.

Examples:

- Burner management systems
- Reactor shortstop systems
- Overpressure protection application requiring redundant relief devices.

5.11 Critical Safety Systems:

- Those protective systems necessary to reach the corporate hazard rate target as determined by quantified fault tree analysis.
- Those protective systems necessary to prevent, control, or mitigate the consequences of major incidents which have the potential to cause loss of life.
- Those protective systems required by local, state, or federal regulations.

5.12 Interlock: Collection of hardware and the associated logic which functions to prevent or to cause certain actions unless predefined conditions are satisfied.

5.13 Interlock, Detection, or Suppression System: Those protective systems which include monitoring devices/sensors and the associated logic and final control devices which are required for the protection of a chemical plant process. Interlocks function to prevent or cause certain actions unless predefined conditions are satisfied.

6. TECHNICAL REQUIREMENTS

6.1 Contemplated changes to a process must be thoroughly evaluated to fully assess the potential impact on employee safety and health and the environment and to determine the needed changes to operating procedures. Written procedures to control changes (except for “replacement in kind”) to process chemicals, technology, and procedures must be implemented. These written procedures must address the following, as a minimum, prior to any change:

- The technical basis for the proposed change
- The impact of the change on employee safety and health and the environment
- Modifications to operating procedures
- Necessary time period for the change
- Authorization requirements for the change

6.2 Employees who operate a process and maintenance and contract employees whose job tasks will be affected by a change to a process must be informed of, and trained in the change prior to the startup of the process or startup of the affected part of the process. If a change covered by this standard results in a change to the process safety information, such information must be updated accordingly. If a change alters the operating procedures or practices, they also must be updated.

6.3 The following procedure shall be used to manage changes:

6.3.1 The Plant/Facility Manager or his designee will maintain documentation for each plant change Refer to Appendix A for a sample form with attached checklists. This sample form is intended for use at a facility, but may be modified to meet site specific requirements. This form shall include:

6.3.1.1 Title; type of change and date change initiated; duration of change, if a change is temporary.

6.3.1.2 A description of the change in sufficient depth to allow identification, purpose, and technical basis.

6.3.1.3 Statement of any special conditions imposed by the change and the individuals responsible for implementing these special conditions. Special conditions include operating, safety, health or environmental conditions.

6.3.1.4 Identification of new or modified wastes or emissions or operating conditions that will affect an environmental permit condition.

6.3.1.5 Date and name of individual who inspected/tested/checked the change prior to use.

6.3.1.6 Name of individual who initiated the change. (Verbal approvals are acceptable, but must be documented by the initiator. Verbal approvals must only be given when the approver fully understands the change and its impacts. Follow-up written approval by the reviewer is required the following working day.)

6.3.1.7 Names of the qualified individuals who reviewed and approved the change.

6.3.1.8 Name of the manager or operating superintendent who confirmed that all required system updates have been completed before the MOC documentation is closed out the plant change.

6.3.1.9 Names of individuals from the affected area (and associated service group) who have reviewed and/or been trained in the change.

6.4 The originator of the Management of Change Form, if a qualified technical reviewer, (Appendix A), or an alternate qualified technical reviewer acting as a designee, shall inspect the modification before it is placed in service. Documentation of this pre-startup inspection must exist on the Management of Change Form before modification is placed in service. The inspector shall confirm that the equipment, software, or procedure is ready for operation and meets the intent of the change request.

7. APPROVAL AUTHORITY

7.1 The Plant/Facility Manager is responsible for administering programs and delegating plant change approval authority within his organization. This delegation of approval authority should be based upon technical competence, experience and knowledge of the processes and hazards involved. The Plant

Manager or his designee is also responsible for determining what additional approvals are necessary on any given change.

- 7.2** Review of process/equipment changes requires significant unit process knowledge. Examples of criteria to be used in establishing qualified process/ equipment revision reviews includes the following work experience:
 - 7.2.1** At least 6 months experience in applicable technology as a day supervisor or maintenance/process/production engineer.
 - 7.2.2** Participation in Process Hazards Analysis Seminar training course.
 - 7.2.3** Training and experience should be documented.
- 7.3** Review of software changes for control systems requires special technical expertise as well as process knowledge. Examples of criteria to be used in establishing qualified software revision reviewers includes the following work experience:
 - 7.3.1** Participation in control system vendor basic hardware and configuration school.
 - 7.3.2** At least 6 months experience as a technician or process/production engineer in the process technology where software revisions will be approved.
 - 7.3.3** At least 6 months active participation in the ongoing software maintenance activities associated with a control system of the type to be reviewed.
 - 7.3.4** Participation in basic HAZOP training course.
 - 7.3.5** Train with site control engineer (or engineer primarily responsible for software design) doing software change design for at least 6 months.
- 7.4** All process or equipment changes will have a review by at least a minimum of two technically qualified individuals. Depending on the scope of the change, this can be the originator and at least one other qualified individual. Control software changes require additional reviews as discussed in Section 8.1.2.
- 7.5** The site will update any procedures to reflect changes in startup, shutdown, normal, emergency or temporary operations effected by the change.
- 7.6** All software changes are segregated into operational changes or control changes for review and documentation purposes. Review/documentation requirements differ, depending on the type of software change, as shown below.
 - 7.6.1** Operational Changes: Typical operational changes are shown in Table 1. No review is necessary for making operational changes unless otherwise specified in the standard operating procedures. Documentation will follow normal practice as designated by facility procedures (e.g., Shift Log).
 - 7.6.2** Control Changes: Control changes are designated as either significant or major. Typical example of each are shown in Table 1. All control changes require review and documentation described below:

Table 1
Summary of Representative Software Changes

Type of Change	Examples	Required Review/ Authorization/ Documentation

Operational	a) Setting Loop Setpoints b) Putting Loop On or Off Control c) Starting and Stopping Devices d) Adjusting or Disabling Operational Aid Alarms e) Providing Routine Input Data f) Tuning Constants and Constraints	No Review Required Authorization and Documentation by Local Practice
Significant	a) Alarm Limits b) Minor Control Logic Changes c) Recipes d) Conversion Factors e) Engineering Ranges f) Control Logic Limits g) Ability to Defeat Alarms	Requires Management of Change and Review and Authorization by One Qualified Software Individual and Two Qualified Process Individuals
Major	a) Control Philosophy or Major Logic Changes b) New Control Logic c) Major Restructuring of Loops d) Addition or Deletion of Major Software Modules	Requires Management of Change and Review and Authorization by Two Qualified Software Individuals and Two Qualified Process Individuals Plus Approval of the Plant Superintendent

7.6.2.1 The only exception is temporary disabling of alarms due to a plant upset. Non-critical alarms can be disabled temporarily with supervisory approval. The alarm must be enabled immediately following the upset. Such changes must be noted in a log book.

7.6.3 Significant control changes: Significant control changes require the review of one individual from the qualified reviewers list. This individual can be the originator.

7.6.4 Major control changes: Major control changes require review by two individuals and authorization/approval of the Facility Manager or his designee.

7.7 Major process or equipment changes or a minor change which potentially introduces a greater level of risk should be reviewed by the Plant/Facility Manager and/or a process hazards team which includes multi-discipline specialists. Group, Corporate, or outside specialists should be utilized where the nature of the changes indicates such expertise is warranted and these skills are not available at the local plant level. The Plant Managers' designee is responsible for determining the scope of the review that is appropriate for any individual change and for consulting with the Plant/Facility Manager on these changes where the scope or potential hazard dictates approval by the Plant Manager or where the scope or potential hazard dictates approval by the Plant Manager or where additional resources for conducting the review are appropriate.

7.8 The group performing the work on plant change must not begin the job without an approved MOC Form.

7.9 Any change to a critical system must be reviewed and approved by a hazards review team and the facility manager. Quantified fault trees must be updated to ensure that corporate hazard rate targets are met. All documentation must be updated.

8. DOCUMENTATION REQUIREMENTS

8.1 Recognition of the need to update site systems should be designated as a requirement of the MOC review. Updates to the following systems should be considered:

8.1.1 Procedures: Update and approve per Section 7.6.

8.1.2 Training: Appropriate training should be carried out and documented before changes are implemented. As a minimum, training shall include review of the change by all personnel (and associated service personnel) in the affected area.

- 8.1.3 Drawings: A marked-up P&ID and/or a sketch will be attached to the MOC Form when drawing updates are required. Initials of the person responsible for submitting drawings for revision and the date the drawings are updated must be noted.
- 8.1.4 Software: All software changes must have the appropriate back up discs updated.
- 8.1.5 OPHR Records: Any plant change significant enough to require a detailed PHR must be included in the plant OPHR records. A copy of the plant change and PHR should be included in the facility OPHR.
- 8.1.6 Confined Space Plans: If the MOC creates a confined space, the facility confined space list must be updated and an entry plan developed.
- 8.1.7 Critical Trips and Interlocks: If a critical trip or interlock is identified, the Piping and Instrumentation Drawings, and Trip and Interlock Table/Schedule must be updated.
- 8.1.8 PSVs: Any changes to a relief device require an update of the PSV documentation.
- 8.1.9 Spare Parts: If the MOC affects spare parts, the appropriate folio should be updated, created or deleted.
- 8.1.10 Equipment/Loop Number: Any changes to equipment or loop numbers must be documented.
- 8.1.11 Toxic Substances Control Act (TSCA) verified: If the MOC requires the use of a new chemical it, it must be verified to be on the TSCA list.
- 8.1.12 Vessels and Piping Systems: Any additions or changes in equipment or piping must be included in the mechanical integrity program.
- 8.1.13 Other: If a plant change affects any system not specifically mentioned above, this system should be noted and updated appropriately.
- 8.2 All process changes shall, as a minimum, be documented by incorporation into operating procedures, P&IDs, underground piping drawings, instrument drawings, electrical drawings, and other appropriate plant working drawings. The appropriate P&IDs, electrical one-line/single line, and instrument loop sheet, and underground piping drawings are to be kept in an up-to-date condition. When a change is implemented, these drawings must be marked-up and periodically revised. When the revised drawings are returned, the revised drawings must be placed in the facility files and the marked-up drawings removed.
- 8.3 The MOC forms will be kept on file until reviewed as part of the next regularly scheduled hazards review of the process (OPHR).
- 8.4 The MOC will be reviewed with all affected personnel in the process area and documented.
- 8.5 **Software Backup:** A full backup of the operating system and applications software must be made on removable magnetic media at least once per month and before and after all major engineering changes. At least two backup copies must be made. One copy should be stored in the control room and one copy should be stored outside the facility in a secure location (such as a vault). The requirement/schedule for this backup activity must be incorporated into the plant maintenance scheduling system so that the activity can be systematically scheduled and performance monitored.
- 8.6 Distribution of the MOCs should be designed to meet the needs of the particular facility. It is recommended that copies be distributed to technical, operating, and maintenance personnel to keep them informed as part of the change control program.
- 8.7 A copy of the MOC log should be kept in the control room for use by operating personnel. The Control Room copy of the Management of Change Forms should be the original and most up-to-date copy showing signatures for all mandatory activities. During the pre-startup and commissioning phases, additional copies may be required to keep all involved parties up-to-date.

- 8.8** The handling of MOCs during normal operations should be structured as follows:
- 8.8.1** The person originating a change will give it a title and number identification. The description of the change will be filled out on the MOC and any special operating conditions/hazards imposed by this change will be stated. Additional information can be attached to the MOC if necessary.
- 8.8.2** It will be the responsibility of the originator to have changes reviewed by the proper number of qualified individuals and to secure the signatures of the reviewers. The qualified reviewers will state any special conditions on the MOC. Part of this process will be to review the existing plant OPHR (e.g., piping changes). The MOC will then go to the Plant/Facility Manager of designee for approval if it is a major change. The person implementing the change will approve the MOC to indicate that the change is understood and that the special operating conditions will be met.
- 8.8.3** The originator will then enter the change in the MOC log and make an appropriate entry for foreman and operator review. A system to document acknowledgement by the foreman and/or operator should be in place. The originator will approve the MOC indicating that the change has been logged and communicated, and the MOC with all references will be put in the MOC log.
- 8.8.4** The responsible operating personnel will read a copy of the MOC and any attachments. When they have completed this review and understand the change, they will acknowledge the document in the places provided. The MOC should be communicated in a way that ensures all personnel on the various shifts are notified of the change.
- 8.8.5** Employees involved in a process, and maintenance and contract employees whose job tasks will be affected by a change in the process, shall be informed of and trained in the change prior to start-up of the process or affected parts of the process.
- 8.8.6** If a change results in the operating procedures or practices, such procedures or practices shall be updated accordingly.
- 8.8.7** If the change covered by a Management of Change form requires a change in the process safety information required under OSHA 29 CFR Part 1910, such information shall be updated on a timely basis.
- 8.8.8** OPHRs conducted under OSHA 29 CFR Part 1910 will be maintained as "evergreen" documents together with process safety information. This means that changes carried out under the Management of Change Program will be continually added to the OPHR documentation, as appropriate, to always have an up-to-date resource for training and reference. It is not the intent to simply add the change to the OPHR document; rather, the spirit of the update requirement is to integrate the hazards assessment, if significant, into the OPHR.
- 8.8.9** Electronic data handling of the Management of Change form is acceptable provided the facility sets up adequate procedures for maintaining the integrity of the process. OSHA has stated in the preamble to 29 CFR Part 1910 that electronic storage of computerized records and information required by the standard is permissible, as long as it is readily accessible and easily understood. It is anticipated that the hard copy portions of Management of Change will be replaced by plants with electronic data handling. This is acceptable provided the integrity of the hazard analysis, approvals by qualified individuals, inspection before placing into service, and documentation is maintained.

9. AUDITS AND CONTROLS

- 9.1** The MOC forms should be reviewed on a frequent (e.g., monthly) basis by the Plant/Facility Manager or his designee. The Plant/Facility Manager or his designee will sign and date the MOC form to close the process change ensuring that:
- 9.1.1** The changes were properly reviewed and implemented as proposed.
- 9.1.2** The field inspections were accomplished prior to commissioning.
- 9.1.3** The proper documentation was made in drawings and operating procedures.

- 9.1.4** The subsequent operation after the change has not indicated the existence of unrecognized hazards.
- 9.2** MOC logs will be kept sequentially recording all MOCs. The plant superintendent will maintain these logs. These logs will be a written record of all changes and the date the changes went into effect. (See Appendix B).
- 9.3** All process changes should be audited on a regular basis by the Plant Central Safety Committee or similar review committee. The purpose of this audit is to ensure that the changes were properly reviewed and implemented as proposed, that proper documentation has been made in drawings and operating procedures, and that subsequent operations after the change have not indicated the existence of unrecognized hazards.
- 9.4** The MOC log should be reviewed as part of the next regularly scheduled hazards review of the process.
- 9.5** The MOC log should be maintained as a plant record for the life of the process or equipment.
- 9.6** Plant turnarounds or product changes where equipment is dismantled or opened for servicing and inspection may present abnormal risks. This is a period when there is a great tendency to improvise or make substitutions to "get the facility back on line." The facility manager is responsible for implementing procedural controls and inspection/test programs to assure proper checkout of the facility before start-up and that the integrity of the system as a whole is maintained.

Figure 1
Management of Change-Process and Equipment

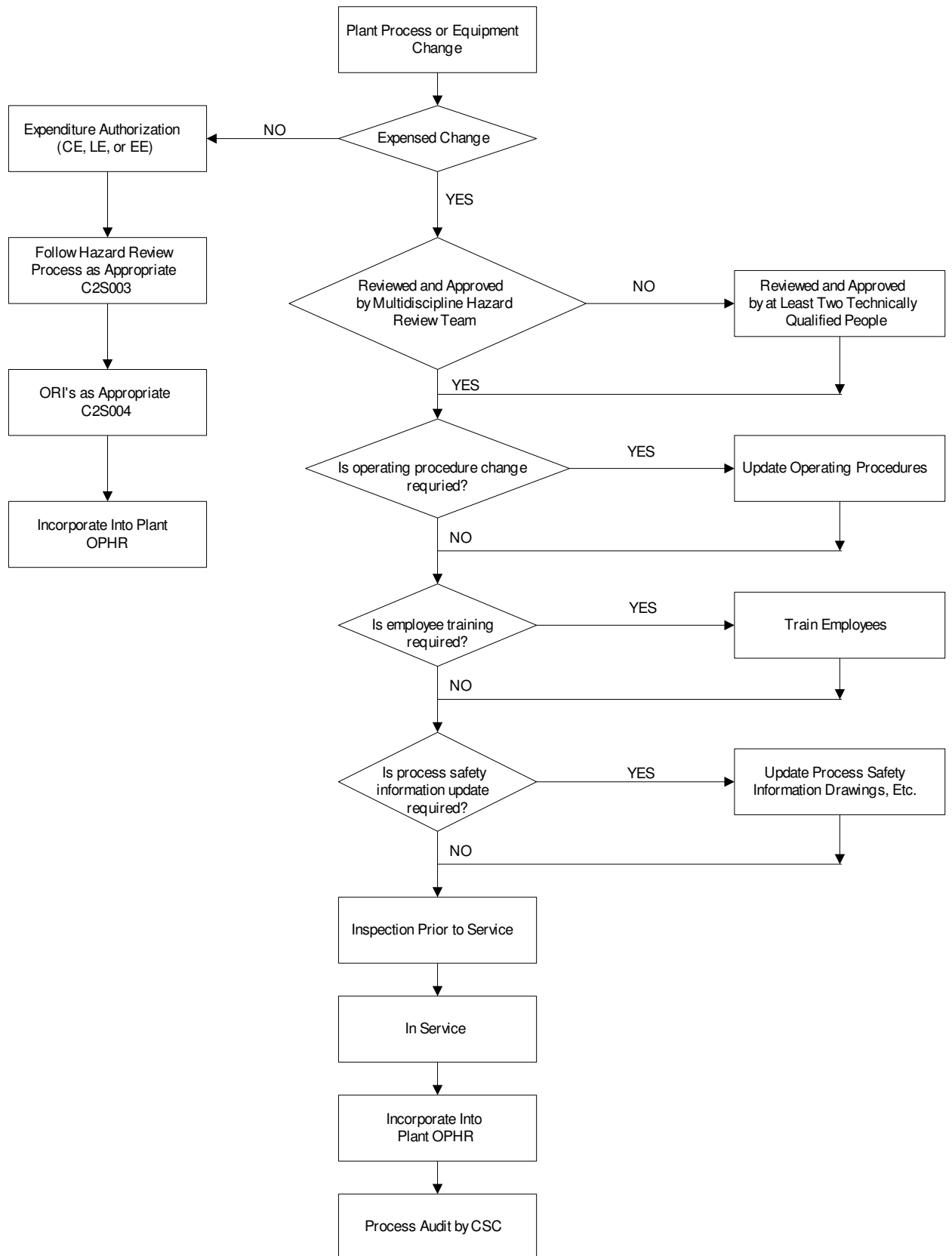


Figure 2
Management of Change-Software

